ALTA FIDELIDAD:
Amplificadores para HI-FI

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

ALTA FIDELIDAD:
Amplificadores para HI-FI



Esta obra es una nueva edición aumentada y corregida de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Electrónica aplicada»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

Apartado de Correos 35432, Barcelona

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-498-8 (Vol. 4)
D.L.: B. 4448-1986

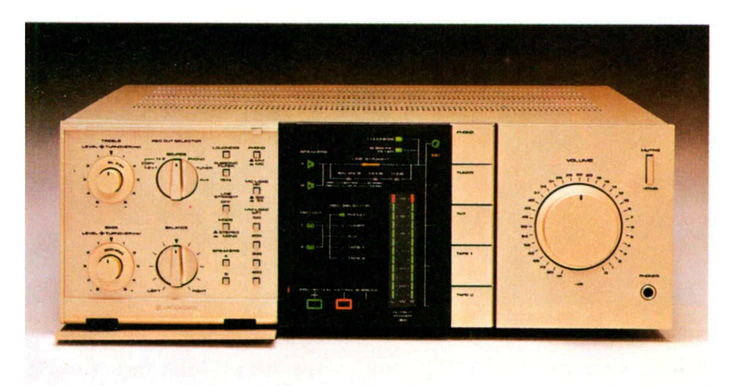
Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa   Provenza, 388   08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts   1986

Printed in Spain

Amplificadores para Hi-Fi

INTRODUCCION

Durante estos últimos años hemos asistido a un auge de la Alta Fidelidad que ha llenado los escaparates de las tiendas especializadas, y no tan especializadas, de rutilantes productos que, con su atractivo diseño futurista, prometen sonidos de éxtasis a los posibles compradores. Ciertamente, los equipos de sonido han recorrido un largo camino lleno de altibajos hasta llegar a las múltiples ofertas, todas atractivas en precio y resultados, con que nos bombardean las firmas comerciales.



Amplificador integrado convencional Marantz de sofisticado diseño. Puede verse la gran cantidad de mandos y elementos de control que posibilitan un mejor tratamiento del sonido a reproducir.

En este tema, continuación de esta corta serie dedicada a la Alta Fidelidad, revisaremos el mundo de los amplificadores. Veremos cuáles son los sistemas en que están inspirados los distintos modelos, desmenuzaremos sus partes estudiando su importancia y utilidad, analizaremos los distintos diseños, con sus ventajas e inconvenientes, y daremos una

idea de la importancia de los parámetros y medidas que se ofrecen como garantía de la calidad de los aparatos.

No cabe duda de que el amplificador es el centro



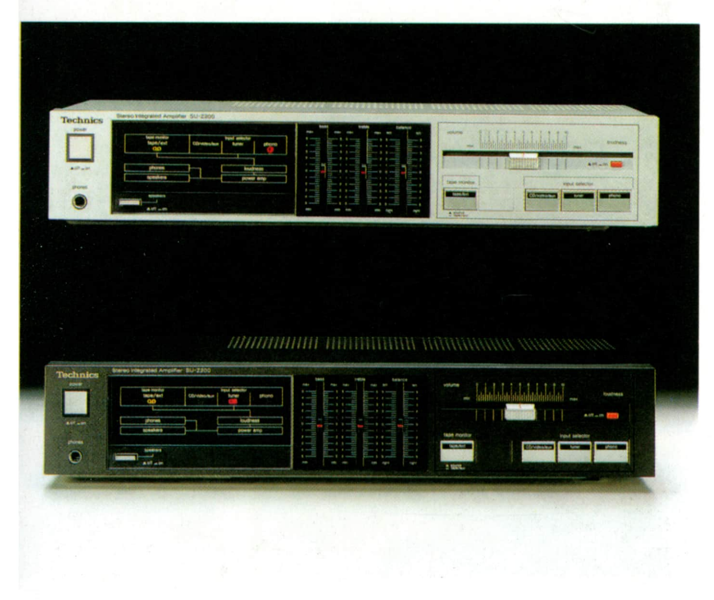
Cadena de Alta Fidelidad completa. A destacar que cada una de las secciones de control de sonido va separada de las demás; la conexión entre cada elemento de la cadena se efectúa por la parte posterior para favorecer la estética del conjunto.

neurálgico de cualquier equipo de Alta Fidelidad. Puede haber varias fuentes de generación de señal de sonido, tales como el giradiscos, el sintonizador de FM, el cassette, etc., y también varios dispositivos electroacústicos para reproducir sonido, como pueden ser dos o más pares de pantallas y auriculares personales, pero suele disponerse únicamente de un amplificador. Dicho aparato ha llegado hoy a un grado de perfección técnica que podríamos calificar de excelente y, sin embargo, observamos con sorpresa la afirmación por

parte de fabricantes en competencia, de poseer el mejor sonido por causa de tal o cual circuito, o tal o cual característica. ¿A qué se debe la coexistencia de tales hechos sin que resulte menoscabada la credibilidad de estas afirmaciones?

Recordemos que en Alta Fidelidad estamos hablando de sonido, de su reproducción, de su grabación, etc., pero de sonido al fin y al cabo. Sonido que se emite por cuerpos que vibran, que se transmite por aire u otro medio y que llega a nuestros oídos, los cuales al final interpretan tales señales sónicas.

La interpretación auditiva es básicamente subjetiva. La ilusión sónica del sonido directo, en vivo, y del sonido reproducido no coinciden; la razón es que la segunda es incompleta respecto de la primera.



Un modelo de amplificador estereofónico integrado presentado en dos colores diferentes de carátula de modo que el usuario pueda combinar las exigencias estéticas con el disfrute de la calidad sonora. (Cortesía: Technics).

La forma de abordar la aproximación a la reconstrucción de la ilusión sónica es lo que distingue a los distintos sistemas de diseño de los equipos.

Por otra parte, el sonido no tiene relación con la electrónica en sí mismo. Somos nosotros quienes utilizamos

dicha tecnología por razones de practicidad, tecnología y economía, pero en principio podrían haberse utilizado otras tecnologías, tales como la mecánica o la fluídica. Para aclarar mejor estos conceptos, veremos cómo ha evolucionado el amplificador hasta nuestros días desde los primeros modelos fabricados a mano por los pioneros de la electrónica.



Cadena Cesva formada por un sintonizador AM/FM estereofónico con indicador digital, un reproductor de cassettes, un amplificador estereofónico y un ecualizador gráfico. El control del nivel sonoro de salida en dB lo proporciona el analizador de espectro.

BREVE HISTORIA DE LA EVOLUCION DEL AMPLIFICADOR

Una mirada atrás puede sorprendernos al observar los rápidos y decisivos cambios sufridos por los amplificadores

y, de hecho, por toda la electrónica. Si pudiéramos hacer retrocer 35 años al aficionado medio a la Alta Fidelidad lo situaríamos al borde del infarto, pues no podría obtener discos microsurco, ni sintonizar emisoras FM estéreo, ni grabar cassettes ni ninguna otra cinta. Sólo podría disponer de fuentes de sonido monoaurales, que él juzgaría de pésima calidad y que, desde luego, debería escuchar haciendo uso de un amplificador y un altavoz o auricular; amplificador que, probablemente, debería construirse él mismo, obteniendo el esquema de algún fabricante de válvulas o de algún diseñador legendario, de los cuales son pioneros los ingleses.



El receptor ultramoderno de la firma Marantz incluye el amplificador y el sintonizador, que es digital, además de una sección que permite ecualizar la salida de la señal.

El origen del fenómeno que nos ocupa fueron, pues, aquellos aficionados a la radio que no vacilaban en superar dificultades para conseguir los componentes que precisaban. En esos tiempos era de suma importancia el diseño de los transformadores de salida, los cuales acoplaban la salida de potencia de las válvulas a los altavoces. Por esta razón los amplificadores de esa época eran pesados y voluminosos, unos auténticos armatostes que desprendían gran cantidad de calor durante su funcionamiento. La reducción progresiva de tamaño experimentada por el amplificador en los siguientes años fue notable, pero sufrió un duro revés al aparecer el estéreo: todos los circuitos y componentes necesitaban duplicarse para amoldarse a la nueva tecnolo-

gía. En este período la mayoría de los diseños dividía el equipo en dos partes: la fuente de alimentación y amplificador de potencia, por un lado, y el preamplificador por otro. La razón es fácil de entender: el preamplificador, con sus controles, quedaba a la vista para su manipulación, mientras que la fuente-amplificador se situaba en un lugar conveniente que no estorbara, fuera de la vista; el volumen del equipo hacía que este proceder fuera lo más práctico.



Amplificador estereofónico integrado JVC con ecualizador gráfico e indicador luminoso del nivel de volúmen.

Esta división del equipo amplificador en dos partes ha permanecido como idea de perfeccionamiento o pureza para los entusiastas de la Alta Fidelidad, aunque el mercado de consumo ha evolucionado hacia la total integración de los dos bloques, integración que fue posible con transformadores menos voluminosos, circuitos más eficientes que desprendían menos calor, reduciendo la potencia de salida a límites más modestos y, desde luego, cediendo a algunos compromisos de diseño. Se lograba así, hace 20 años, disponer de un amplificador estéreo, a válvulas, que cabía en el espacio de un amplificador monoaural de 10 años antes.

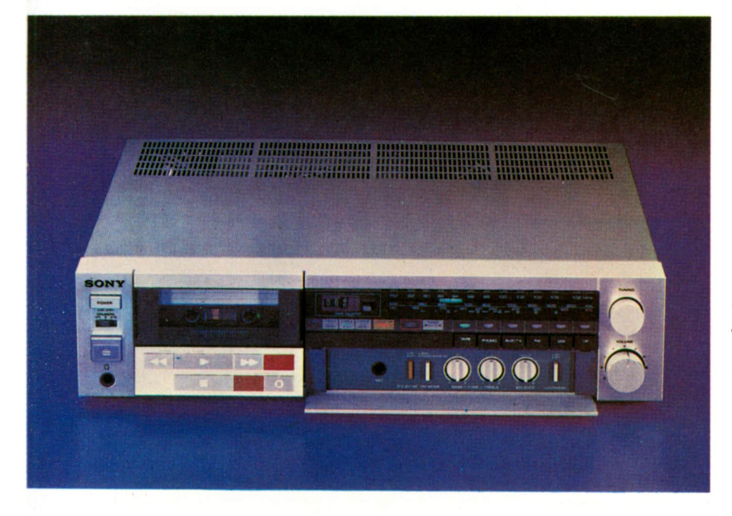
El mercado se desarrolló considerablemente gracias a las más recientes mejoras de los discos y a la aparición de la radio en frecuencia modulada. Pero el siguiente y definitivo paso importante se da cuando aparece el transistor en el mundo de la Alta Fidelidad.

El transistor

Aunque el uso de la electrónica para reproducir sonido era

evidente en emisiones de radio, la Alta Fidelidad como tal constituía un coto minoritario, de forma que los fabricantes de dispositivos electrónicos, válvulas, transistores y demás componentes, no consideraban interesante el desarrollo de productos pensados para este fin; por tanto, los fabricantes realizaban sus diseños con los componentes que tenían a mano, mayoritariamente pensados para la radio, telecomunicaciones y equipos militares.

El transistor se inventa en 1948 y lentamente desplaza a las válvulas de su lugar, sobre todo en los circuitos de poca potencia o de bajo voltaje. Durante los 10 primeros años sus características más sobresalientes son su tamaño y, sobre todo, su precio.



Casseiver. Incluye amplificador, sintonizador y cassette. Los equipos compactos permiten disponer en un mismo bloque la mayor parte de las cualidades de una buena cadena de Hi-Fi. (Cortesía: Sony).

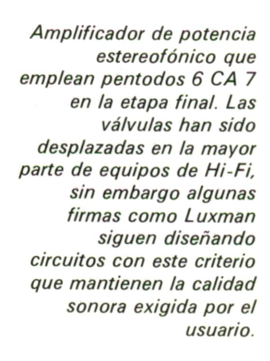
Su utilidad es enormemente restringida y las válvulas todavía realizan funciones que están vedadas a los transistores, por ejemplo, amplificadores analógicos y circuitos de cierta potencia. Debido a esto pasan 15 años antes de que los transistores se introduzcan en amplificadores de Alta Fidelidad; cuando esto sucede tiene lugar un extraño fenómeno.

En este punto, en la década de los 60, el amplificador a válvulas tiene unos 15 años de historia, su calidad es notable y el nivel técnico alcanzado promete mejores resultados,

contando con una nueva generación de válvulas «frías» que se está ensayando con buenas perspectivas. Es en este punto cuando irrumpe el transistor, dando al traste con estos proyectos al absorber el presupuesto y tiempo a ellos dedicado.

El transistor es un elemento nuevo en este campo, sin embargo ofrece una serie de ventajas: su funcionamiento es «frío», es decir, no necesita disipar gran cantidad de calor como sucede con las válvulas; no precisa transformador de salida y, además, la fuente de alimentación puede ser considerablemente menor al no precisar energía térmica extra. En resumen, los amplificadores a transistores son mucho más pequeños y ligeros que los de válvulas, son «fríos», por lo que su colocación en casa no presenta problemas y, sobre todo, son mucho más baratos.





Amplificador de potencia estereofónico que emplean pentodos 6 CA 7 en la etapa final. Las válvulas han sido desplazadas en la mayor parte de equipos de Hi-Fi, sin embargo algunas firmas como Luxman siguen diseñando circuitos con este criterio que mantienen la calidad sonora exigida por el usuario.

Al salir al mercado su éxito es inmediato y va mucho más allá de lo que los resultados de sonido obtenidos hacían esperar. Aunque sobre el papel era mucho mejor, el «sonido transistor» fue inicialmente reprobado por los especialistas en Alta Fidelidad; sin duda porque la nueva tecnología traía consigo nuevos problemas inherentes a ella todavía no suficientemente experimentados.

Curiosamente, al mismo tiempo que el transistor aparece



Minicadena Aiwa. La etapa de un amplificador queda desglosada en un preamplificador y un amplificador de potencia. Los equipos tienden a reducirse de tamaño para ocupar cada vez un menor espacio.

en escena, sale al mercado una nueva cápsula magnética de bajo nivel de salida que constituye un hito en ese campo, y se da la circunstancia de que los amplificadores a transistores presentan menos problemas de zumbido y ruido con estas nuevas cápsulas que los de válvulas. Además, el envejecimiento que sufren las válvulas era un fenómeno no sufrido por los transistores.

En resumen, y por extraño que parezca, tras un período inicial durante el que la calidad de sonido sufre un retroceso notable, hecho aceptado de forma generalizada, el transistor se impone a pesar de los amantes de sonidos más puros o perfectos, que se aferran a la tecnología de válvulas como a la única que da calidad. Tras esta primera generación de aparatos transistorizados vendrían la segunda y la tercera generaciones, resolviendo cada una de ellas los problemas técnicos pendientes de la anterior, tanto a base del diseño de circuitos como del diseño de dispositivos específicamente

pensados para la Alta Fidelidad. Así, de forma progresiva el amplificador va mejorando su potencia, resultados y posibilidades.

Los receptores

Consecuentemente el mercado se expande, la demanda crece, y aparecen gran número de firmas comerciales que concurren con sus productos en este mercado creciente. Aparecen nuevos productos que van a competir con el amplificador: los receptores.

El receptor es un aparato que integra en el mismo bloque un amplificador y un sintonizador. Nace por razones comerciales, ya que el coste equivalente de los dos aparatos separados viene a ser un 20 % más alto. Más tarde aparecerán los equipos compactos, los *casseivers* y otras combinaciones que la imaginación de los constructores ha hecho posible.



Combinación estereofónica de un reproductor portátil para compact-disc, sintonizador de radio y reproductor de cassette. La salida del amplificador entrega 25 W por canal y puede controlarse la respuesta en frecuencia por ecualización. (Cortesía: Philips).

Sin extendernos en detalle sobre estos productos, comentaremos que el receptor, aun cuando en España no ha tenido éxito como producto comercial, ha tenido gran aceptación

en Inglaterra y, sobre todo, en Estados Unidos. En principio el receptor es un aparato «cómodo», ya que ahorra esfuerzo de compra y sobre todo de colocación y manipulación de dos aparatos; pero en contrapartida el comprador queda a merced del compromiso de calidad y diseño buscado por el fabricante, y en el caso de desear mejorar uno de los dos elementos nos vemos obligados a su total cambio, por lo que la inicial idea de ahorro resulta al final, errónea.



Sintonizador estereofónico AM/FM que emplea un computador y sintetizador de frecuencia acoplado a un amplificador, el cual dispone de una realimentación Duo Beta para mejorar el rendimiento de salida. (Cortesía: Luxman).

La gran expansión

Entramos en la década de los 70 con un panorama impresionante: explosión de ventas sin precedentes, casi total transistorización, gran cantidad de ofertas por separado preamplificador-amplificador de potencia, y aun más cantidad de amplificadores integrados, además de una pléyade de receptores. La calidad de la electrónica sube incesantemente y su precio baja. El mercado doméstico obliga a los fabricantes a buscar diseños más modernos y refinados para conseguir menor tamaño o aspecto más atractivo, aunque parece existir una relación tamaño-potencia y tamaños

demasiado pequeños tampoco son deseables. Una evolución notable la sufre la sección de preamplificación con sus controles de tono, etc., que cada vez se complica más. Al mismo tiempo existe una evolución paralela de los altavoces y pantallas acústicas, que con el fin de aumentar su calidad reducen su eficiencia; consecuentemente nace la necesidad de amplificadores más potentes y comienza la carrera de la potencia.

En España, el retraso con que normalmente han ido llegando las novedades electrónicas fue la causa del retraso de la introducción de la Alta Fidelidad.



La presentación lujosa de las cadenas de Hi-Fi llega a niveles tan elevados que no desentonan con ningún tipo de decoración. (Cortesía: Vieta).

Cuando en Europa florecía este mercado, las fuerzas industriales españoles eran copadas por la fabricación de televisores en blanco y negro y radios o radiocassettes portátiles; sólo unas pocas empresas se atrevieron a

introducirse en este campo. Inicialmente los aparatos fueron importados de Inglaterra o Estados Unidos, y marcas como Fisher, Marantz o Quad, eran algunas de las conocidas. Sólo unos pocos entusiastas de la Alta Fidelidad se decidieron a fabricar aparatos en España, entre estos pocos destaca la compañía Vieta.

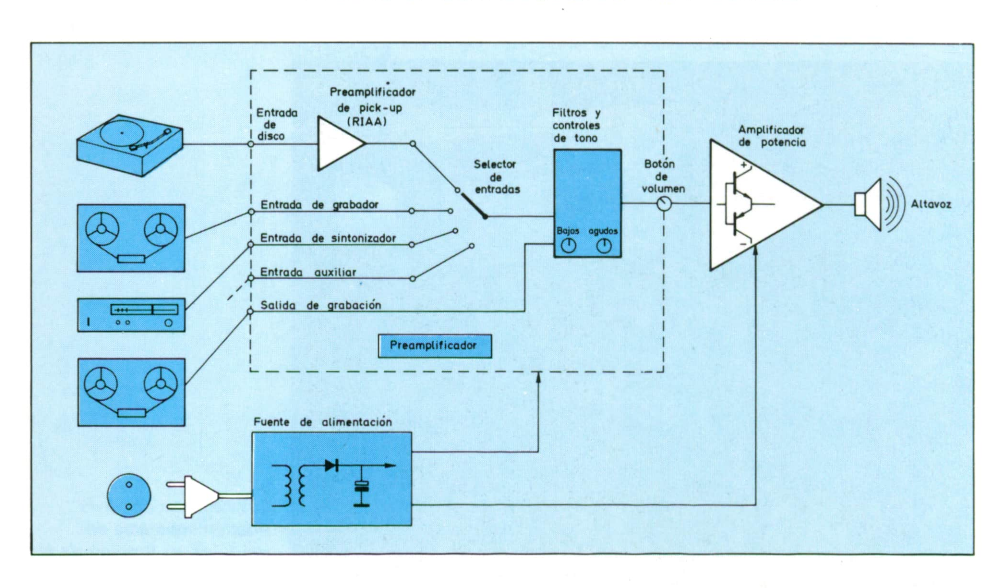


Las cadenas de Hi-Fi pueden separarse en módulos en función de la complejidad que se exija de las mismas; en cualquier caso el amplificador resulta imprescindible si se desea una potencia apreciable en la salida. (Cortesía: Mitsubishi).

La llegada de los productos japoneses, aunque más tarde que en el resto de Europa debido a restricciones a su importación, reavivó de forma notable el mercado. El diseño atractivo, la fiabilidad de los aparatos y su ajustado precio, abren puertas y expanden el mercado. La industria japonesa se vuelca y se empiezan a desarrollar dispositivos de todo tipo específicamente para la Alta Fidelidad. Esto da lugar a una expansión y brillantez de productos como nunca se ha conocido.

Evolución hasta nuestros días

La evolución técnica hasta nuestros días podríamos calificarla de meteórica, si bien últimamente frenada por efectos de la crisis mundial que ha causado un retraimiento del 30 % en los mercados de Alta Fidelidad.



Bloques básicos que constituyen un amplificador, el cual debe estar preparado para reproducir correctamente diferentes niveles de señal de entrada como son las procedentes de discos, cintas, radio y añadir la posibilidad de grabación.

Hemos explicado ya que la contribución japonesa a este campo es decisiva y aunque algunas compañías europeas y americanas resisten gloriosamente la batalla japonesa, al final ceden comprando los transistores, potenciómetros o condensadores a las empresas japonesas de componentes, que los han diseñado específicamente para este fin. Así, asistimos a la aparición de transistores VFET, MOSFET, EBT, RET, etc., todos ellos nuevos dispositivos que precisan de especial circuitería también de diseño exclusivo. Importantes compañías europeas producen en el Japón y Oriente en general, parte o todos sus productos de Alta Fidelidad.

QUE ES UN AMPLIFICADOR

Hemos explicado en la introducción el papel insustituible

del amplificador en un equipo. Su función es tan simple como clara: aceptar señales de las fuentes de señal de sonido y amplificarlas, dándoles la potencia suficiente para hacer sonar altavoces o pantallas acústicas.

La definición anterior es, en efecto, simple y clara, pero en el momento en que deseamos explicar en detalle y técnicamente esta función entramos en discusiones y controversias. Estas controversias nacen del inherente subjetivismo que tiene el sonido y no deben extrañarnos. Para comprender mejor las diferentes razones vamos a ver todo lo que un amplificador es capaz de hacer, porqué dichas posibilidades le son incorporadas y qué razonamientos para su inclusión o exclusión del aparato son aducidos.



Los componentes que intervienen en el montaje del amplificador estereofónico son numerosos, especialmente si el circuito sigue la técnica modular a base de transistores.

Un amplificador consiste en tres bloques básicos: el preamplificador, el amplificador de potencia y la fuente de alimentación. Normalmente se combinan juntos en un solo

chasis o caja, formando el amplificador integrado. Otros diseños separan en dos o tres aparatos esta configuración, ya sea por razones estéticas o técnicas. Lo más usual en este caso es dividir amplificador de potencia por un lado, con su propia fuente de alimentación, y preamplificador por otro, también con su fuente propia; esta configuración es la normalmente existente.

El preamplificador contiene las entradas para las distintas señales y la circuitería de conmutación de las mismas, así como los circuitos de procesado de dichas señales, como por ejemplo, la ecualización de pick-up, controles de tono y filtros. Contiene salidas para grabación en cinta.

Una vez estas múltiples entradas se han convertido en una señal única controlable con volumen y balance, pasamos a alimentar con ella el amplificador de potencia. El amplificador de potencia eleva la potencia de la señal a los niveles necesarios para permitir la excitación correcta de unos altavoces o pantallas acústicas de forma que los niveles de audición sean correctos.

La fuente de alimentación, una o varias, tiene como misión suministrar la cantidad de energía eléctrica, de tensión e intensidad necesaria que se precisa en cada momento en aquella parte de la circuitería que la requiera.

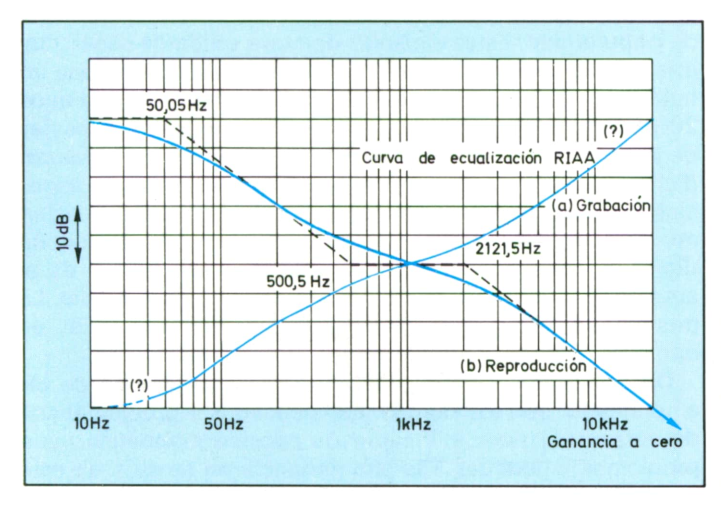


Minicadena completa de alta fidelidad en la que se incluyen las cajas acústicas. (Cortesía: Sony).

Qué contiene un buen preamplificador

Hay un determinado número de funciones que un preamplificador debe poder desempeñar. Estas funciones, que podríamos calificar de fundamentales, son: el poder aceptar y procesar correctamente señales de pick-up magnético (de disco), de grabador de cinta, ya sea de carrete abierto o de cassette, y de sintonizador de radio; debe tener un control de volumen y un control de balance de canales; debe poseer como mínimo una salida para grabación en cinta de la señal que se procesa.

Además de estas funciones hay otras que podríamos calificar de opcionales, ya que no son accesorias sino que, al contrario, enriquecen las posibilidades del aparato. Todas estas funciones tienen sus problemáticas particulares que abarcan desde su diseño hasta el adecuado desempeño del trabajo que se espera que realicen.



Curvas de grabación y reproducción RIAA. Obsérvese la línea de puntos que indica las frecuencias de cálculo teóricas. Las dos curvas deben complementarse perfectamente.

La entrada de cápsula magnética

Una cápsula magnética, como ya se ha visto en un libro anterior, convierte los movimientos de la aguja al recorrer el surco en señales eléctricas. El típico nivel de salida de estas señales es de 1 mV por cm/s de velocidad, medida

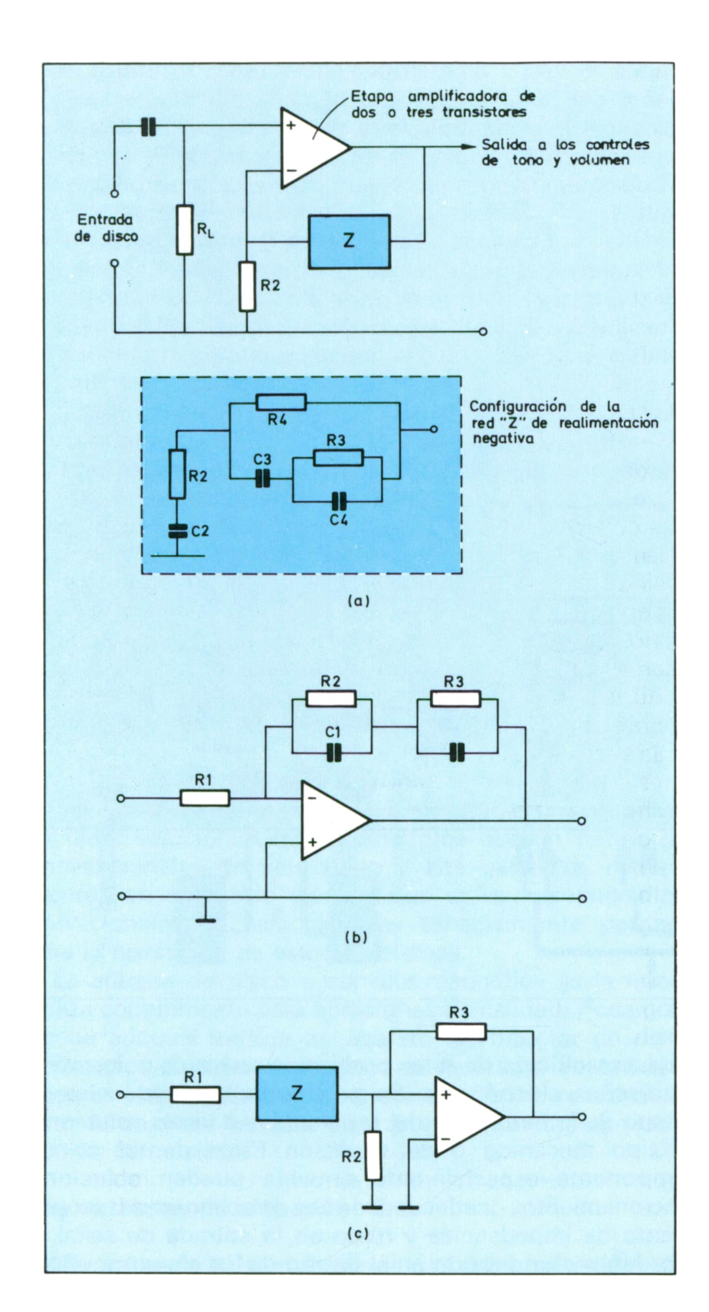
efectuada en voltios eficaces ya que la señal es alterna; esta señal es la que debemos procesar.

Es cierto que cada cápsula da salidas de señal algo distintas para un mismo disco, sin embargo, estas señales son de rango parecido y el único efecto sobre el oyente, aparte de establecer un carácter de sonido diferente, es el de obligarle a ajustar ligeramente el control de volumen para una audición correcta.

El problema principal es debido al procesado especial que sufre la señal durante la grabación en disco, procesado al que llamamos *ecualización* y que consiste en atenuar las frecuencias graves y amplificar las agudas; hay que neutralizar este proceso y restituir a la señal su forma original. Esta curva de ecualización a neutralizar sigue unas normas establecidas y se llama curva RIAA, por lo cual este problema se aborda de la misma manera de forma generalizada.

La cápsula magnética usual es la de un imán móvil, pero debemos tener en cuenta la existencia de cápsulas de bobina móvil que últimamente han experimentado un elevado nivel de popularidad. Estas cápsulas dan una salida de señal muy inferior a la de las cápsulas de imán móvil, lo que supone un tratamiento especial, una amplificación extra que eleve unos 20 dB este débil nivel. Aunque los fabricantes de cápsulas de bobina móvil fabrican también dispositivos que realizan dicha labor de amplificación, como transformadores especiales o preamplificadores especiales de baja señal, existen muchos amplificadores que incorporan en la circuitería dicho amplificador-elevador. El coste es pequeño y da al amplificador un nivel de calidad por encima de la media. La posibilidad de inclusión de esta entrada de señal es opcional, pero no por ello menos interesante.

De una forma general, las entradas y las salidas de un amplificador son los puntos más delicados y problemáticos del mismo. El preamplificador de cápsula magnética tiene problemas inherentes a la alta ganancia en tensión de esta etapa y a la fuerte ecualización que debe aplicar a la señal. Observemos que, además de amplificar 40 dB toda la banda de señal, debe aplicar una amplificación extra de casi 17 dB, a las señales de 50 Hz, esto supone multiplicar por 700 la amplitud de la señal, trabajo no exento de problemas y peligros. Los principales son la adición de ruidos a la señal y la existencia de oscilaciones o filtrajes incorrectos. La ecualización propiamente dicha, la curva RIAA, debe ser

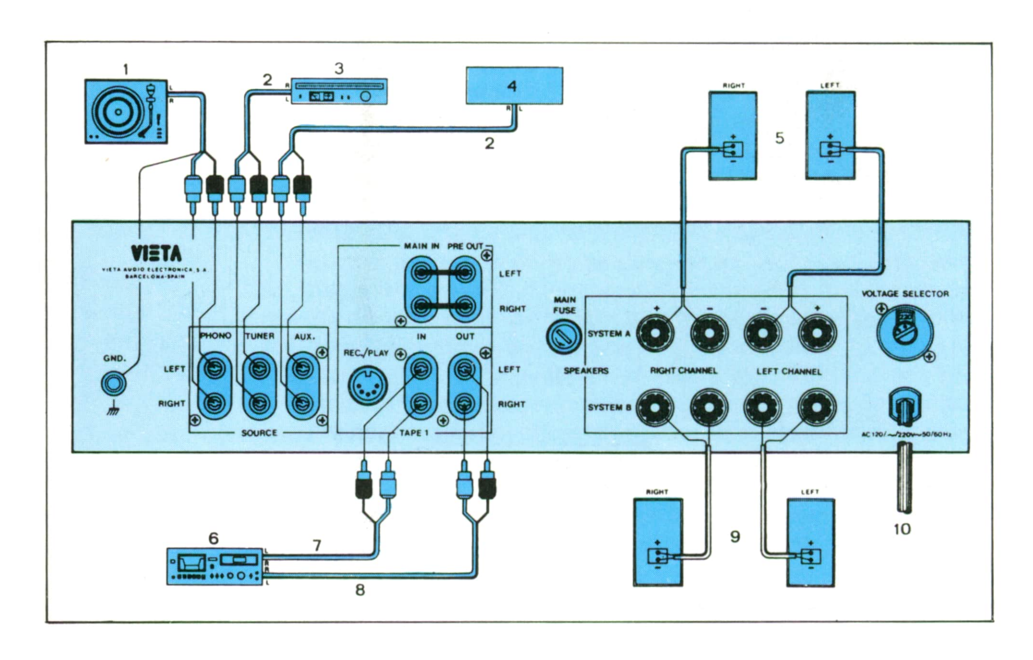


Esquemas básicos de distintos preamplificadores de entrada de cápsula magnética con ecualización RIAA. Obsérvense las diferentes soluciones a un mismo problema. a) Esquema convencional; la red «Z» de realimentación contiene la configuración para la curva RIAA; b) Esquema paralelo o «shunt»; c) Red pasiva seguida de un amplificador lineal.

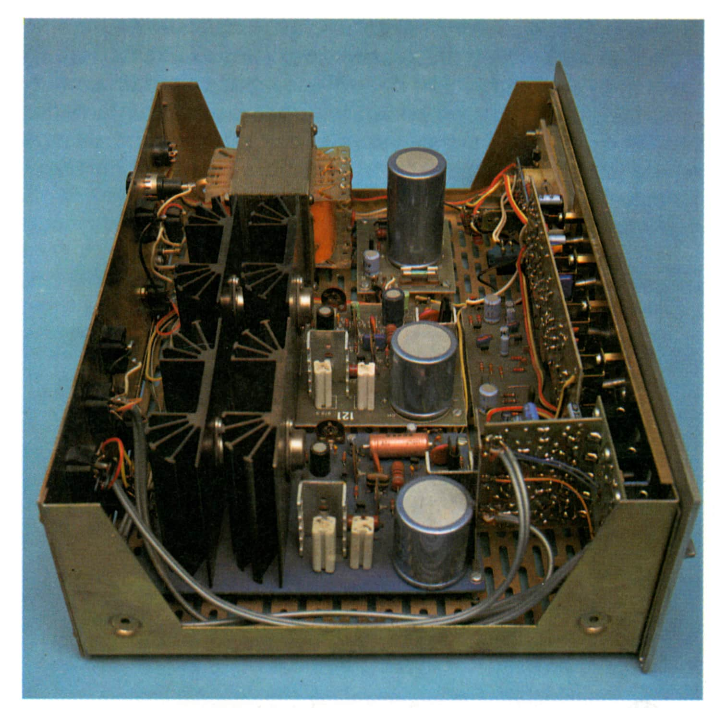
Conexiones de entradas y salidas de un amplificador. Distintos tipos de conectores coexisten en el mismo panel. Se indican las conexiones right, derecha (R) y left, izquierda (L) para cada equipo. El número 4 se refiere a un equipo auxiliar cualquiera que se adapte a la cadena.

seguida lo más fielmente posible, siendo un índice de la calidad del amplificador la tolerancia obtenida, o sea, la desviación máxima lograda respecto a la curva patrón.

Las cápsulas magnéticas en sí son elementos complejos que plantean grandes problemas al diseñador de preamplificadores. En primer lugar, la impedancia eléctrica que presentan varía con la frecuencia y la amplitud; en segundo lugar, su naturaleza mecánica y su modo de funcionamiento hacen que existan resonancias mecánicas implementadas en señales eléctricas; en tercer lugar, el bajo nivel de señal es fácilmente alterable o contaminable por influencias exterio-



res. La resolución de estos problemas no reside únicamente en diseños electrónicos. Se precisa un profundo conocimiento de la naturaleza del problema, y a veces soluciones de tipo mecánico o de situación física de tal o cual componente especialmente sensible pueden solucionar funcionamientos inadecuados. Los problemas de acoplamiento de impedancias y ruido en la entrada de señal se abordan profundizando en el diseño de los circuitos; el uso



Vista interna de un amplificador estereofónico después de quitar la tapa superior, en él destacan el transformador de red, los radiadores de los transistores finales y los electrolíticos de alimentación y de las etapas de salida.

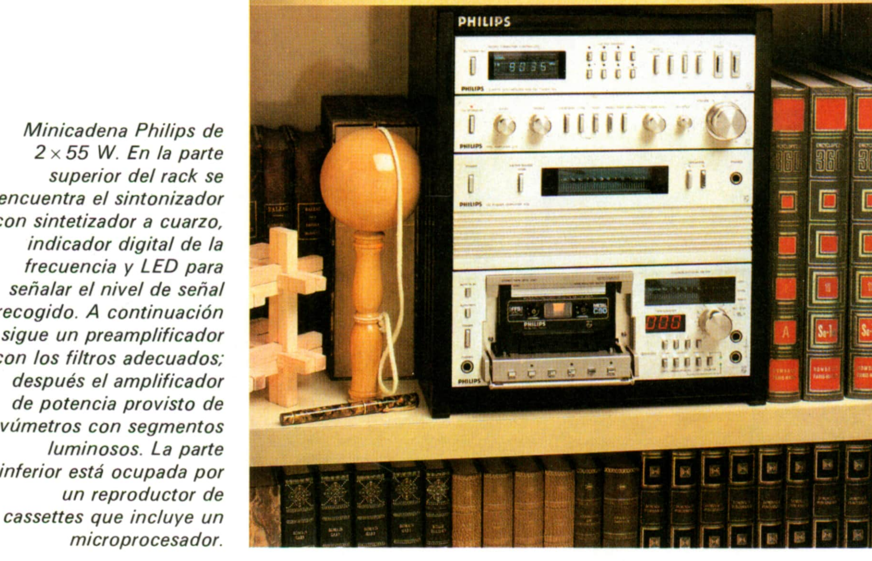
de transistores FET en la etapa de entrada es una moderna y eficiente solución. Otros diseñadores buscan transistores convencionales de bajo ruido y alta ganancia, recientemente han aparecido diseños que utilizan amplificadores operacionales de características especialmente pensadas para la resolución de estos problemas.

La entrada de disco o cápsula magnética es la que se utiliza comúnmente para audiciones de calidad. Poca gente puede adquirir todavía un aparato reproductor de discos compactos digitales y tampoco es frecuente encontrar en hogares magnetófonos de carrete abierto, de modo que la entrada de disco es clave para un buen rendimiento de un equipo de música.

Las entradas de alto nivel

Normalmente existen al menos dos entradas de alto nivel

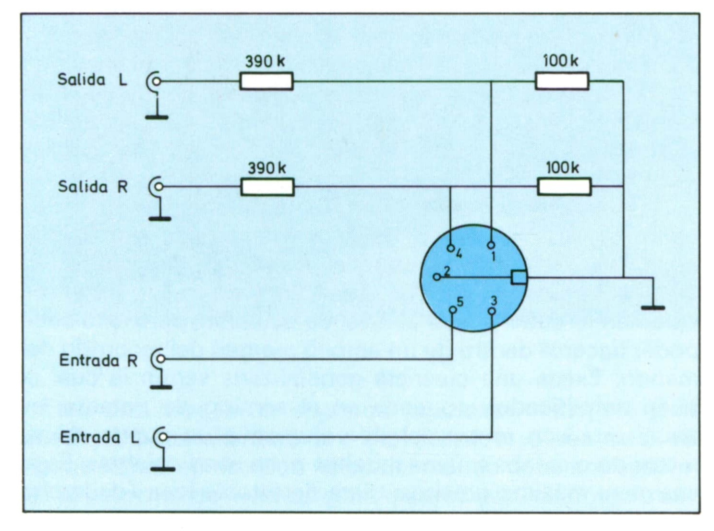
que son gemelas en cuanto a características. A ellas se conectan las señales del sintonizador (tuner) y cinta (tape). En cuanto a reproducción de sonido ambas son intercambiables, pero la entrada de cinta está junto a unas salidas extra por las que sale la señal reproducida con el objeto de que pueda grabarse. Así podemos grabar música o programas de discos, emisiones de radio, otras cintas, etc.



Minicadena Philips de 2 × 55 W. En la parte superior del rack se encuentra el sintonizador con sintetizador a cuarzo, indicador digital de la frecuencia y LED para señalar el nivel de señal recogido. A continuación sigue un preamplificador con los filtros adecuados; después el amplificador de potencia provisto de vúmetros con segmentos luminosos. La parte inferior está ocupada por un reproductor de cassettes que incluye un microprocesador.

Técnicamente hablando, esta entrada o entradas no presentan mayores problemas. La señal que entra por ellas es lo bastante alta como para no temer su contaminación por zumbidos o ruidos. Un mínimo cuidado de diseño nos da resultados aceptables. Sin embargo, surgen en este apartado problemas de tipo práctico a los que el aficionado se debe enfrentar en el momento de poner en marcha un equipo: los cables de conexión y los conectores. En Europa se ha estandarizado el conector tipo DIN, pequeño y compacto, que a primera vista puede parecer muy práctico al unir en un único conector miniaturizado las entradas de reproducción

de cinta y las dos salidas de grabación. En cambio, Estados Unidos y Japón han preferido el conector PHONO, tipo RCA, más voluminoso, pero de conexión más robusta y segura. Aunque no compatibles en principio, existen en el mercado conectores de conversión que, aunque inadecuados, cumplen la función de mantener el equipo conectado y en marcha. Las diferentes estandarizaciones de los dos conectores no se limitan al aspecto físico; el conector RCA para entrada de alto nivel trabaja con una señal de tensión relativamente alta (de 200 mV a 1 V) y alta impedancia; en cambio el conector DIN tiene una tensión de trabajo menor, pero también menos impedancia, por lo que podríamos concluir en breve definición diciendo que el conector PHONO es un conector de tensión y el conector DIN es un conector de corriente. En ambos casos la energía de señal es de orden parecido, por lo que la resistencia a la contaminación de la señal por ruidos y zumbidos es la misma.



Circuito usual de conversión de PHONO a DIN. La entrada al amplificador no cambia pero la salida es adaptada.

De cualquier forma existe una cierta anarquía en el uso de ambas conexiones, por lo que debe observarse tanto el tipo de conector usado como el nivel de señal necesario para que haya coincidencia de salidas y entradas de señal, dado que existen fabricantes que, usando el conector DIN por razones

de espacio, especifican el nivel de señal como si fuera PHONO.

Estas entradas auxiliares, a diferencia de las entradas de disco, son entradas con respuesta plana, es decir, en ellas la señal no sufre alteración tonal, sino que únicamente es amplificada. Sólo los controles de tono o los filtros podrán alterarla.

El control de volumen

El único e irrenunciable control de un preamplificador es el control de volumen. De hecho existen preamplificadores con este único control; son aparatos sofisticados, cuyas cotas de pureza musical pasan por estas exigencias técnicas; es el resultado de llevar hasta el último extremo la idea de que, en electrónica musical, cuántos más circuitos atraviese una señal más susceptible es de degradarse.

Este control, un simple botón rotativo o lineal en algunos casos, es el mando más accesible del equipo. Ultimamente su tamaño se ha hecho ostensiblemente mayor que los demás controles, y su señalización lo destaca notablemente del resto. Salvo casos especiales el mismo mando controla ambos canales, por lo que es deseable que su acción atenuadora actúe por igual sobre ambos, sin apreciables descompensaciones de uno con respecto a otro.

Consiste simplemente en un doble potenciómetro accionado por un eje común, pero esta engañosa simplicidad oculta varios problemas que el diseñador debe tener en cuenta: aparentemente la única función del control de volumen es subir y bajar el nivel de audición, pero esto debe poder hacerse dentro de un amplio margen del recorrido del mando. Existe una creencia generalizada según la cual el buen amplificador, «bueno» en el sentido de potente, es aquél que con el control de volumen a un cuarto de su recorrido o menos «suena mucho» o, en otras palabras, llega casi a su máxima potencia. Esta detestable idea (de hecho los otros tres cuartos del recorrido no son utilizables pues llevan a la distorsión el amplificador), desaprovecha el uso del potenciómetro e impide un correcto ajuste auditivo, dado que en este primer tramo del recorrido es donde el potenciómetro es más inexacto, creando descompensación entre canales y obligando al oyente a actuar sobre el control de balance para corregir este efecto.

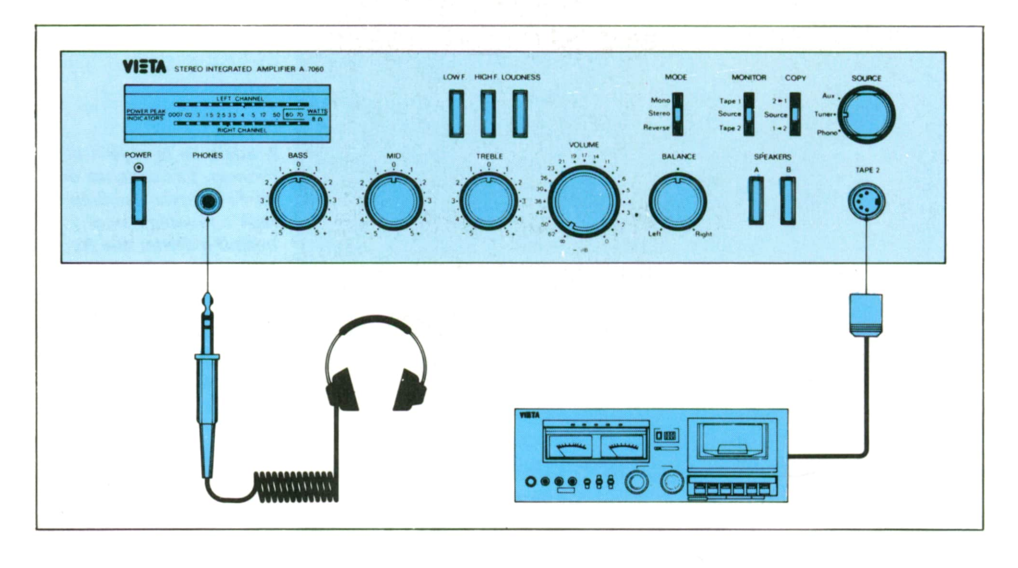


Modelo de la serie X de Pioneer. Las cadenas de Hi-Fi incluyen también un rack o mueble con el mismo material que forma el exterior de las cajas acústicas, lo que permite mantener la estética del conjunto, especialmente si las cajas van adosadas al resto del equipo.

Esto nos lleva a un segundo problema: debe ser fácil ajustar el potenciómetro al nivel deseado, o sea que, de alguna forma, el recorrido físico del mando debe corresponder al aumento de nivel de sonido apreciado; dicho en otras palabras: si dividimos el recorrido total en pasos, cada paso nos debe dar un aumento de volumen sensiblemente igual.

Existen amplificadores cuyo control de volumen posee puntos de retención o «clicks». Si realmente estos clicks realizan una función de arrastre impidiendo posiciones intermedias, su uso es desaconsejable. Veamos porqué; estos potenciómetros imitan o recuerdan a los de uso

profesional, pero así como estos últimos están construidos como resistencias encadenadas conmutadas por un interruptor deslizante, estando calibrados los valores de las resistencias para obtener la precisión especificada, los de uso normal son realmente potenciómetros deslizantes. Estos potenciómetros son siempre de inferior calidad; las mejores especificaciones obtenidas suelen ser de 1/2 dB desde cero a −50 dB de atenuación. Esto significa que los mejores resultados de apareamiento de canales se obtienen cuando el potenciómetro se encuentra en los dos últimos cuartos del recorrido, o sea, en audiciones a nivel alto. Por suerte, las últimas generaciones de amplificadores dan a los clicks una función meramente orientativa, pudiéndose utilizar como potenciómetros normales y sirviendo aquellos como una referencia de posición aproximada.



Carátula frontal de un amplificador. Obsérvese el mayor tamaño del botón de volúmen y su señalización destacada.

Se pueden encontrar en el mercado amplificadores con los tipos más diversos de potenciómetros, desde los normales deslizantes hasta los atenuadores a base de resistencias depositadas sobre una base cerámica cuyos puntos de unión son las posiciones de un conmutador deslizante, pasando por mezclas tales como la que consiste en un atenuador híbrido en la parte de volumen máximo, suplementado por

un deslizante de calidad alta en la parte de volumen bajo. Desde luego, las necesidades normales de audición quedan superadas ampliamente con estos últimos dispositivos; la necesidad para una calibración tan exacta es rara en usos domésticos, de todas maneras, la existencia de tales productos da satisfacción a espíritus técnicamente exigentes y hace pensar que es un problema que preocupa a diseñadores.



Amplificador estereofónico de 25 W por canal que se puede adquirir en el mercado en forma de kit. Se observan en la carátula frontal los mandos, los controles y los indicadores de sintonía.

En algunos casos se añade al control de volumen el efecto de un interruptor extra, o silenciador, que disminuye 20 dB, de forma fija, el nivel de señal. Es interesante este interruptor extra dado que, al activarlo, limita la carrera del volumen, pudiendo realizar fácilmente un ajuste a bajo nivel de audición. Su uso suele limitarse a una disminución momentánea del volumen durante una audición para escuchar mejor a un interlocutor o contestar al teléfono. Su utilidad, va, en cambio, más allá, porque al convertir en doble la escala de recorrido del potenciómetro de volumen hace menos necesario que la calidad de este mando sea elevada y, por tanto, reduce su precio.

El balance

El control que distingue básicamente los amplificadores mono de los estéreo es el control de balance. Este control, que permite ajustar el volumen relativo de los dos canales, tiene gran utilidad, sobre todo para la creación de la imagen subjetiva del sonido: el oyente debe tener un punto central de audición que es donde localiza un sonido cuya señal es igual en ambos canales.



Cadena Hi-Fi de Toshiba. Las salidas del amplificador hacia los dos bafles, a través del control de balance, permiten controlar la señal que llega a cada grupo de altavoces buscando un mejor reparto del sonido en función del local y de la ubicación de quien escucha.

Esta localización espacial, ilusión creada en el cerebro al interpretar las señales que llegan a cada oído y fusionarlas, puede variarse y modificarse para corregir la posición descentrada del oyente respecto a los bafles, o problemas técnicos, como desigualdad en la salida de la cápsula, o distinta sensibilidad de los bafles.

El balance, que usualmente puede silenciar por completo uno u otro canal en cada extremo del recorrido, es útil para buscar posibles averías sin interferencias de un canal sobre el otro.

Hay controles de balance que poseen un «click» central indicativo de la correcta posición media del mando. Es cuestionable el uso de tal «click», pues obliga de alguna manera a mantener el mando en esa posición al pretender una audición equilibrada, cuando quizás sería más correcto buscar auditivamente el punto óptimo de audición.

CONTROLES, FILTROS Y SALIDAS NO ESENCIALES

Enumeraremos otras posibilidades que pueden catalogarse como no esenciales o no imprescindibles.

Esta opinión, que desde luego es subjetiva, es discutida en algunos casos; de cualquier manera el mero hecho de existir y de estar incorporadas en muchos amplificadores de hoy día sugiere que fueron creadas o ideadas buscando satisfacer una necesidad no cubierta por las mínimas posibilidades hasta ahora descritas. Pasemos a continuación a su enunciado y discusión.

Conmutador de modo

El conmutador de modo mono-estéreo tiene utilidad en dos casos básicos: el primero es la reproducción de grabaciones monoaurales antiguas en las que su uso reduce el ruido de fondo, especialmente los efectos de rumble, sin sacrificar calidad musical. La explicación es simple: dado que los equipos monoaurales basaban la acción de grabación en el movimiento vertical del cutter o herramienta de grabación en disco, los dos canales de la moderna cápsula estéreo recogen la misma señal de los dos lados del surco, cada una con una cierta componente de ruido. Al sumar las dos señales la resultante es una señal de valor doble a la de un solo canal, mientras que la componente de ruido se mantiene al mismo nivel que estaba por ser esencialmente una señal distinta en los dos canales.

El segundo caso es la audición de emisoras de radio tanto monofónicas como estereofónicas. En este caso, el uso del

interruptor mono-estéreo también reduce el nivel de ruido, ruido que es esencialmente distinto dado que su espectro lo sitúa en la zona de los agudos, pero la reducción de su efecto se basa en el mismo principio anterior.

La acción mono-estéreo puede completarse con otras funciones tales como estéreo invertido, canal derecho solo, canal izquierdo solo. Su uso suele limitarse a la búsqueda de problemas en el equipo o en la instalación, o al test de las posibilidades del equipo. No es frecuente en audiciones hacer uso de estas últimas posibilidades.

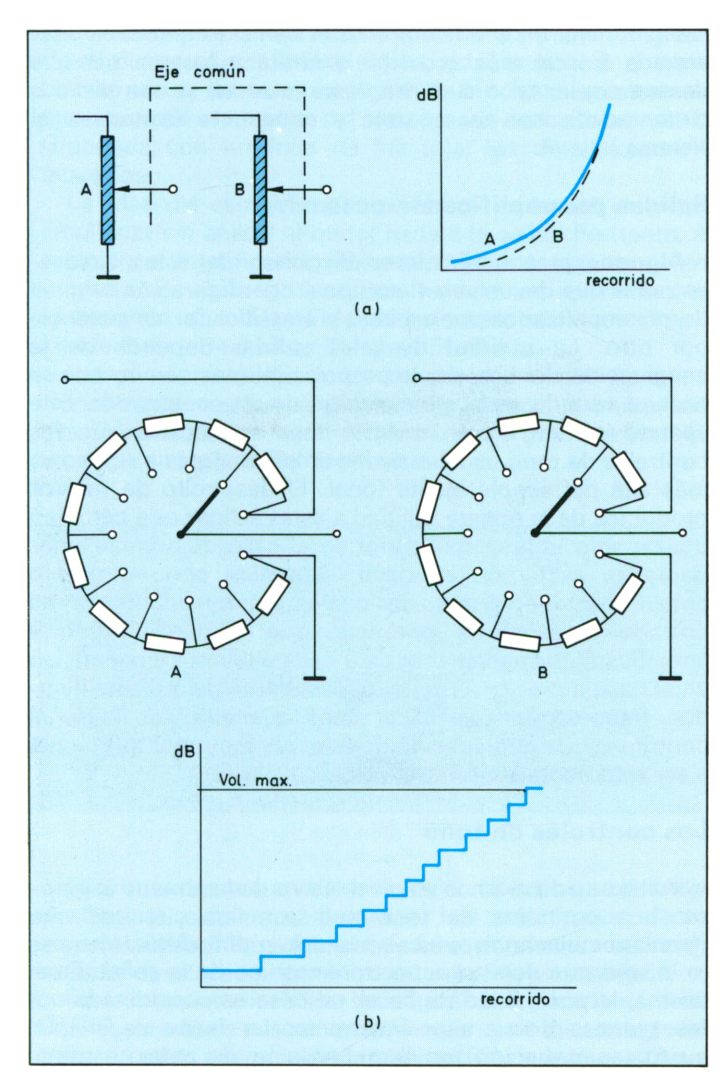


Conjunto Hi-Fi portátil. La novedad reside en la ubicación del giradiscos de carga frontal para dejarlo dentro o fuera del lugar que tiene en la cadena accionando la tecla «Open-close» *según proceda, de este modo se favorece la colocación de los discos y se le protege cuando está en el interior.* (Cortesía: JVC).

Interconexión de cintas

Esta posibilidad ha encontrado su utilidad máxima en estos últimos años con el crecimiento del mercado de los cassettes. La copia de una a otra cinta es el propósito básico de esta posibilidad, claro que poca gente posee dos grabadores de carrete abierto; sin embargo, el abaratamiento

de los cassettes de consumo y el aumento constante de la calidad de los tipos de Alta Fidelidad, así como el crecimiento del mercado de cassettes y radio-cassettes para automóvil, hacen que no sea raro el aficionado que posee un cassette-deck y un portátil.



Construcción de potenciómetros en sustrato cerámico o plástico. a) Con 22 elementos de resistencia la distancia entre saltos es menor y se aproxima al potenciómetro de carbón; b) Con 11 elementos de resistencia su uso es más adecuado para controles de tono.

En este caso el amplificador dispone de dos conexiones de grabación-reproducción para grabadores. Una ubicación inteligente de estas entradas suele ser la que sitúa en el panel trasero el aparato que permanece fijo junto al equipo, y en el panel delantero la entrada del segundo aparato, que sería el portátil. La utilidad es clara, dado que muchos cassettes suenan mejor en el aparato en que han sido grabados; esta entrada frontal más accesible permite a los amigos que deseen copiar tal o cual programa musical, ya sea disco o cinta, acudir con su aparato y conectarlo fácilmente al sistema.

Salidas preamplificador-potencia

Algunos preamplificadores disponen de estas salidas-entradas que devuelven al equipo su configuración original de preamplificador por un lado y amplificador de potencia por otro. La utilidad de tales salidas depende de la imaginación del usuario; la proposición más común que se hace al usuario es la intercalación de un ecualizador. Este aparato es, en efecto, mucho más sofisticado que los controles de tono usuales de los amplificadores y su uso va más allá del simple ajuste tonal. El desarrollo de nuevos productos da la óptima utilidad a estas salidas que permiten utilizar sólo el preamplificador en el caso de adquirir unas pantallas «activas», es decir, pantallas con su propio amplificador incorporado, las cuales, aunque admiten como entrada la señal de potencia, que atenúan, filtran y amplifican adecuadamente para cada altavoz, se benefician en el caso de recibir la señal directamente del preamplificador. Recordemos que cada etapa que atraviesa la señal contribuye a la degradación de ésta, por muy sutil que llegue a ser esta degradación.

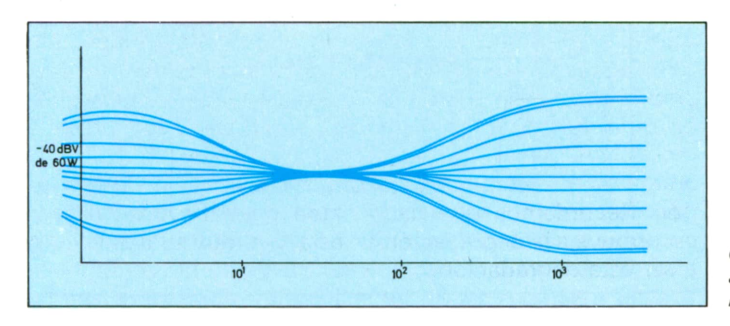
Los controles de tono

Vamos a adentrarnos en un tema verdaderamente espinoso. Los controles de tono son aquellos circuitos que permiten variar la respuesta tonal del amplificador, lo que es lo mismo que decir el espectro armónico de la señal. En sí misma, la posibilidad de hacer tal cosa es considerada por los puristas como algo incorrecto. La razón es simple: cualquier grabación en disco, emisión de radio, cassette

pregrabado, han sufrido un proceso de confección en el estudio, que se convierte en laboratorio musical, muy elaborado. Al contrario de lo que parece, la creación de cada pieza musical para el disco es un largo proceso, cuyo final es el resultado de largas pruebas realizadas por ingenieros de sonido y directores artísticos, y de incesantes mezclas, ecualizaciones y re-ecualizaciones. Por tanto, el programa musical que se nos brinda ya ha sido ecualizado y no es preciso actuar sobre los controles de tono pues en este caso desvirtuamos el trabajo del autor; sería como observar La Gioconda con un foco de luz roja; los detalles quedan falseados.

La idea del «amplificador perfecto» es la del «hilo que amplifica» sin añadir ni quitar nada a la señal. Por tanto, en principio el amplificador debe poder dar una respuesta *plana* y *neutra*; sin embargo las cosas no son tan sencillas y los aficionados a la Alta Fidelidad desean poder cambiar o interferir en la respuesta del amplificador.

Independientemente de los conceptos teóricos y explicaciones científicas que se puedan argumentar, en materia de alta fidelidad intervienen también y en gran manera los aspectos subjetivos del melómano.

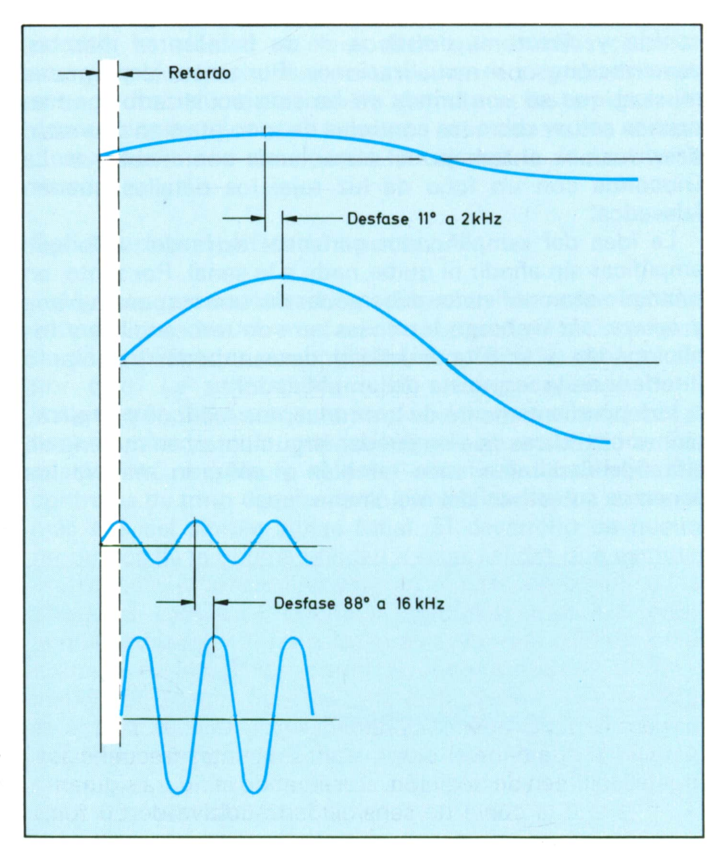


Curvas de control de un amplificador de calidad media-alta.

El control de tono en sí mismo es un circuito que interfiere y altera la señal notablemente. Los principales efectos introducidos son la distorsión de fase, donde vemos la señal saliente desplazada respecto a la entrante, y *ringings*.

Es interesante la idea de algunos fabricantes, como QUAD, de huir de la acción convencional de los controles de tono; en estos aparatos, la denominación de los controles es

distinta y la acción de un mismo control abarca todo el espectro, realizando una función de «balanceo» tonal muy interesante.



Distorsión de fase o retardo de señal. Sus efectos en señales de baja frecuencia son despreciables. En señales de alta frecuencia el retardo tiene valor significativo con respecto al período de la señal.

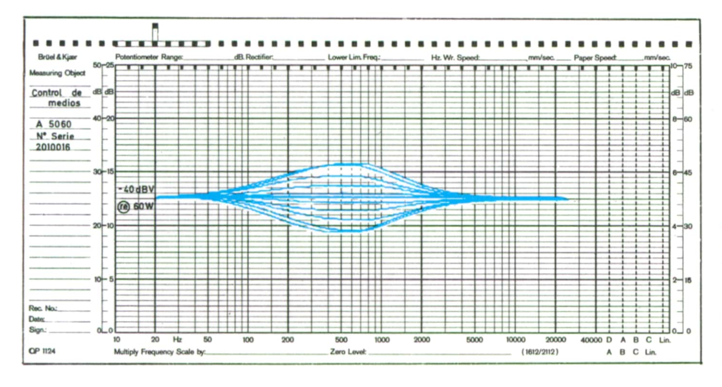
¿Para qué sirven realmente los controles de tono? Hay varias explicaciones que pueden darse: compensar en cierto grado las características de una habitación, corregir los defectos o limitaciones de otros integrantes del equipo, principalmente bafles y cápsulas, balancear mejor alguna grabación comercial mal hecha, etc.

En cada caso es cuestionable que el uso de los controles de tono de como resultado un mejor sonido.

De cualquier manera se recomienda una juiciosa manipulación de los mandos y, ante la duda, la respuesta plana suele ser el menos malo de los resultados.

Otros filtros

Hay tres filtros de incorporación común en los amplificadores. Al contrario que los controles de tono, éstos no pretenden «modificar» el sonido, sino que buscan esa pretendida «limpieza» y perfección que debiera tener. Son el compensador acústico o *loudness*, el filtro de bajos o *rumble*, y el filtro de agudos, *scratch* o *high*.

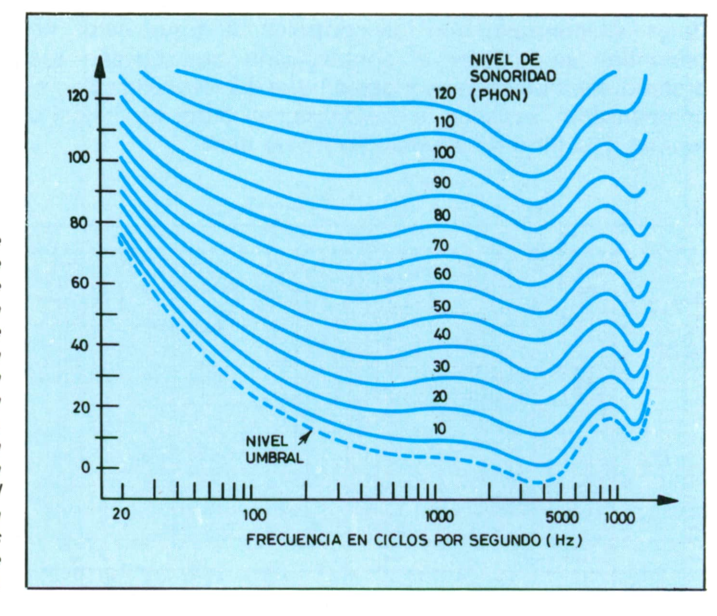


Aparato con controles de tono de 5 bandas independientes por canal. Una aproximación al ecualizador integrado dentro del mismo amplificador.

El compensador acústico pretende compensar la diferente sensibilidad que tiene el oído para las distintas frecuencias, según el volumen de audición. Observando la figura siguiente vemos que la curva de sensibilidad auditiva de 50 fon, que usaremos como referencia, ya no es «plana» a distintas frecuencias, sino que a esta potencia sónica el oído oye mejor las frecuencias medias y más débilmente las graves y agudas. Para mejor comprensión observemos que el célebre *bip* de los relojes de pulsera digitales tiene la frecuencia aproximada de la máxima sensibilidad, unos 1.500 Hz, ya que así el ahorro de energía es máximo y la audibilidad también.

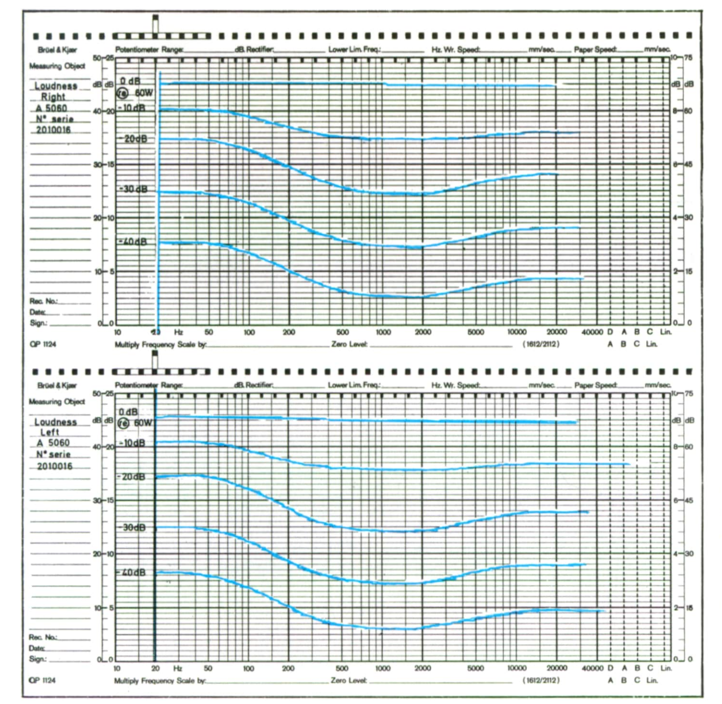
En el estudio de grabación, pues, las audiciones se realizan a nivel sonoro elevado; de hecho es correcto hacerlo

así porque los defectos se detectan más fácilmente. Por el contrario, en las audiciones domésticas nunca se alcanzan estos niveles salvo raras excepciones, por ello en casa las audiciones parecen perder algo de brillantez y profundidad, o sea, pierden graves y agudos. Aunque actuemos sobre los



Curvas isofónicas de Robinson y Dadson que sustituyen a las de Fletcher-Munson. Cada curva está trazada de forma que el oído aprecia igual fuerza sónica en cada punto. La energía para producir tal efecto, en cambio, varía con la frecuencia. Obsérvese la zona central donde el oído es más sensible y la parte superior donde las curvas tienden a aplanarse a potencias elevadas.

controles de tono es difícil compensar adecuadamente esta deficiencia auditiva; el compensador lo hace de forma que haya una variación continua de la compensación según el volumen de audición. La actuación usual del compensador cuando está activado abarca el tercio inferior del control de volumen, siendo inoperante más allá de él. A partir de este punto, hacia el volumen mínimo la curva de compensación va incrementando progresivamente los graves y agudos a medida que disminuye el volumen total, pretendiendo la misma ilusión sónica a distintos niveles de audición. Hay también otras formas de actuación del compensador como control independiente que puede variar la cantidad de compensación aplicada independientemente del control de volumen.

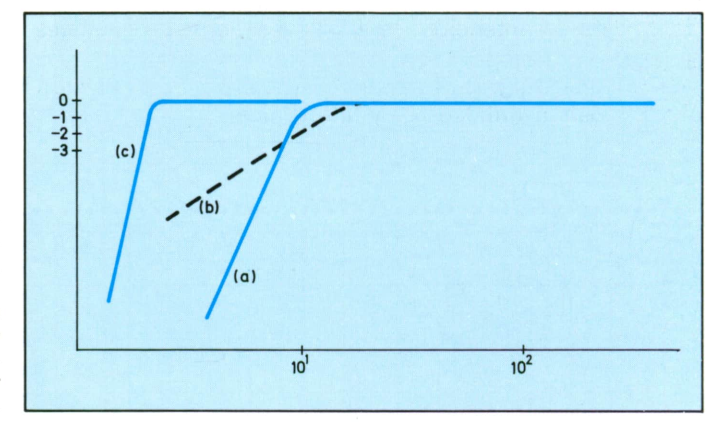


Curvas de actuación del compensador o loudness. Al disminuir el volúmen se atenúan menos deprisa los graves y agudos. A partir de una posición de volúmen (mitad o tercio) el efecto de compensación desaparece.

Los filtros tienen una actuación complementaria mucho más discreta que el compensador o los controles de tono. Aunque algunos fabricantes les dan nombres supuestamente más atractivos, existen dos tipos básicos: el filtro pasabajos, también denominado de agudos, *scratch, treble* o *high*; y el filtro pasaaltos, también llamado de bajos, *rumble* o *bass*, o también subsónico, aunque no es exactamente igual. Su misión es eliminar aquellas frecuencias no deseadas, situadas en los extremos superior e inferior del espectro audible, e incluso ir algo más allá.

Originalmente su utilidad era clara: eliminar por un lado el rumble o ronroneo característico de los giradiscos antiguos, y por otro los efectos del scratch o «freído», creado por la aguja al pasar por la superficie del disco, más acentuados en el caso de ser éste algo usado. Por suerte, hoy el primer problema está resuelto por completo y el giradiscos que adolece de él o no es de Alta Fidelidad o está averiado. Parte

del segundo problema aún existe, ya que los discos viejos o mal cuidados siguen produciendo ruido; en el caso de las emisiones de radio también existe ruido filtrable en la banda de agudos.



Acción del filtro de graves. a) Curva de un filtro de pendienge de atenuación pronunciada; b) Filtro de pendiente de atenuación suave; c) Filtro subsónico. Tiene pendiente acusada y su actuación se sitúa mucho más a la izquierda que los filtros convencionales.

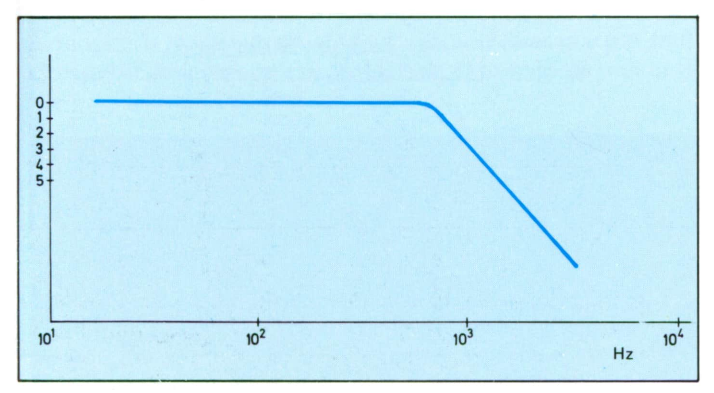
La extensión de la banda de amplificación en algunos amplificadores, abarcando de 0 a 50.000 Hz e incluso 100.000 Hz, hace que las frecuencias inferiores a 20 Hz y superiores a 20.000 Hz que podamos amplificar estén presentes en la salida de audición, creando efectos indeseados de interferencia sobre la banda audible. Para atacar este problema hay dos soluciones: integrar en el aparato tal limitación de frecuencias, o disponer de controles que, optativamente, las eliminen. Ambas soluciones son usadas hoy día.

La función del filtro es simple: desde el punto de corte, frecuencia a partir de la cual actúa sensiblemente, hacia un lado del espectro audible el filtro no debe actuar, y hacia el otro lado debe atenuar con una cierta pendiente que viene marcada por el diseñador y es más acusada cuanto más enérgico deba ser el filtraje.

La elección de estos dos parámetros, punto de corte y pendiente, marca y define la actuación del filtro. Inicialmente el filtro de graves se situaba alrededor de los 80 ó 100 Hz, bajándose últimamente en algunos casos a 50 Hz. Por último, hay aparatos que sólo incorporan filtros subsónicos

que actúan sobre los 25, 20 y 18 Hz. Tienen gran utilidad para evitar los lentos movimientos de las pantallas o movimientos de respiración (breathing), que pueden ser causa de averías.

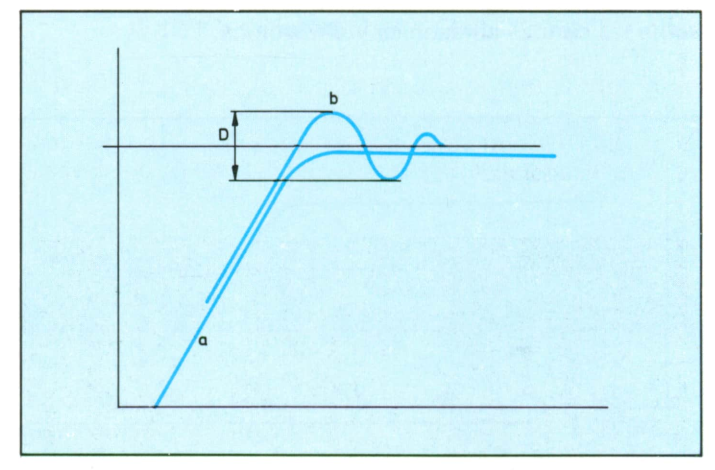
El filtro de agudos se situaba sobre 10.000 Hz y suele situarse ahora sobre 12.000 Hz y en algunos casos sobre 15.000 Hz. La intención es filtrar realmente las señales perniciosas y dejar intacto el programa musical en su mayor parte, ya que progresivamente va a buscarse la actuación sobre las bandas infrasónica y ultrasónica.



Acción del filtro de agudos. Atenúa considerablemente las altas frecuencias. Aquí se representa la caída a partir de 1 kHz.

La cuestión de la pendiente a aplicar en el filtro es más delicada. El filtro ideal sería aquel que a partir de la frecuencia de corte no dejase pasar nada y que antes de ella no ejerciese ningún efecto sobre la señal, dejándola inmaculada. La aproximación a este ideal es cada vez más costosa, por lo que el circuito del filtro debe simplificarse. Los circuitos actuales, si tienen una pendiente suave, empiezan a actuar antes de lo deseable notándose sus efectos progresivamente, pero también con suavidad en el espacio de transición. En cambio, si la pendiente de actuación es pronunciada, buscando ese filtraje ideal, se producen indeseables efectos alrededor del punto de corte, tales como el desplazamiento de fase y *ringing*, que pueden ocasionar adversos resultados en la salida musical. Es, pues, inexacto afirmar que la relativa ineficacia de algunos filtros

es incorrecta, pues el diseñador elige la actuación de los mismos sopesando pros y contras y, en este caso, puede haber preferido una suave actuación sin efectos secundarios indeseables a una actuación pronunciada y efectos inesperados que, por su naturaleza, son a veces difícilmente atribuibles a tal o cual control y se aplican al resultado total del aparato.



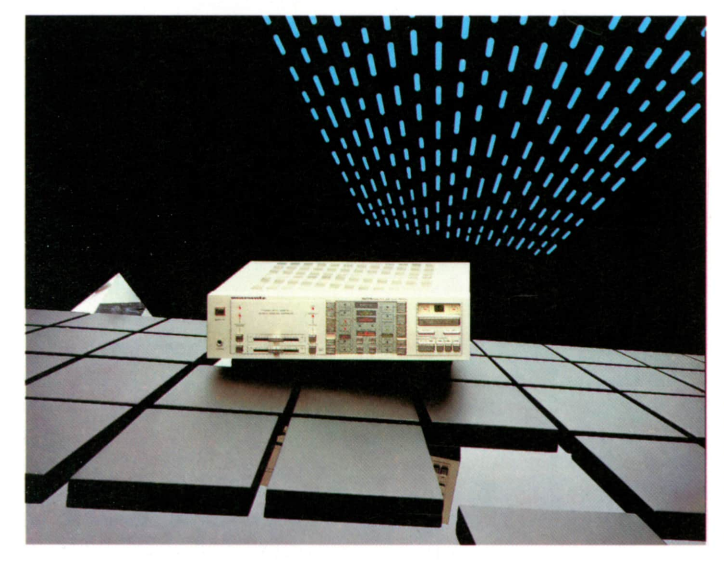
Efecto de rebote o «ringing» de un filtro. La curva a) muestra la acción ideal del filtro. La curva b) muestra el resultado real con la aparición de «ringing». Con un diseño cuidadoso y más complicado la variación máxima D puede disminuirse hasta su eliminación.

EL AMPLIFICADOR DE POTENCIA

La función del amplificador de potencia es sencilla: amplificar la señal del preamplificador a la potencia necesaria para excitar los altavoces al nivel adecuado. Aunque la función es sencilla de enunciar y entender, la ejecución no lo es tanto, pues esta parte del amplificador está sometida a grandes esfuerzos, electrónicamente hablando, y el resultado final entra en el campo antes mencionado de la subjetividad. Una idea de lo complicado de esta tarea la da la existencia de un comité internacional para establecer especificaciones respecto a las complejidades y controversias que rodean la interrelación entre amplificador y caja acústica.

Para comprender mejor la problemática del amplificador de potencia recordaremos que los altavoces son movidos

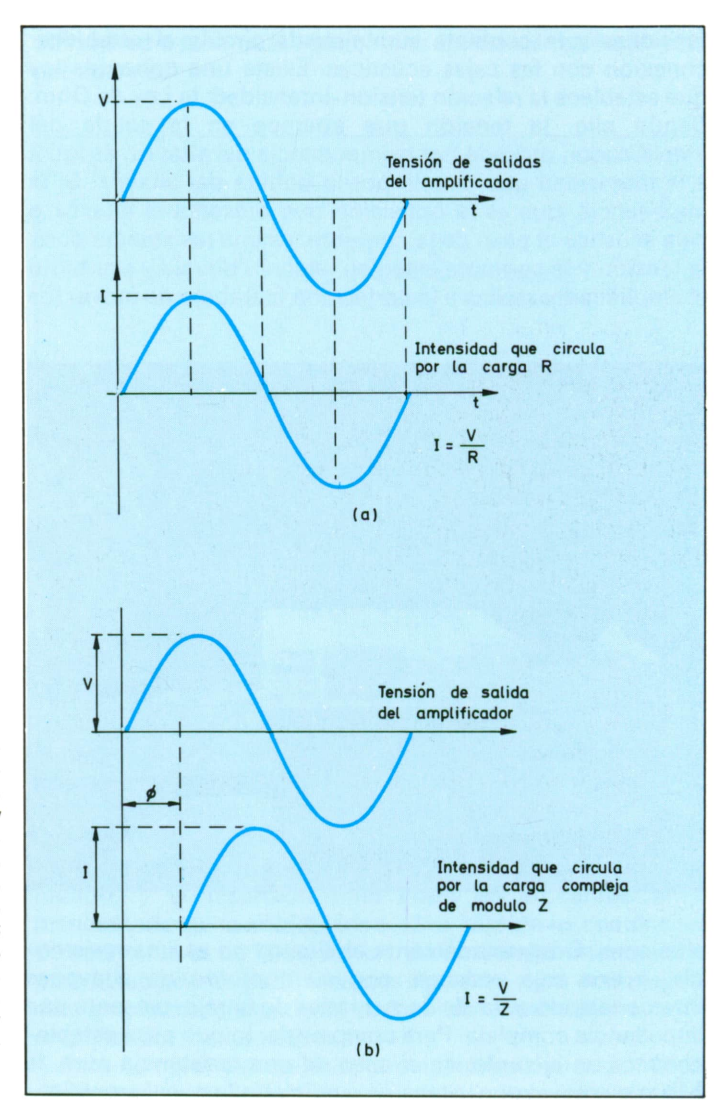
por medio de la corriente eléctrica que se hace circular por las bobinas móviles, mientras el amplificador es excitado por tensiones eléctricas variables. El amplificador de potencia debería convertir estas tensiones eléctricas en flujos de corriente. Lo que hace realmente es amplificar estas tensiones y la corriente suministrada circula al establecer conexión con las cajas acústicas. Existe una conocida ley que establece la relación tensión-intensidad: la Ley de Ohm. Según ella, la tensión que aparece en la salida del amplificador, dividida por la impedancia del altavoz, es igual a la intensidad que circula por la bobina del altavoz. Si la impedancia, que es la oposición que presenta el altavoz o caja acústica al paso de la corriente, es una resistencia pura, la tensión y la corriente están en relación directa y por tanto el amplificador realiza a la perfección el trabajo de mover los



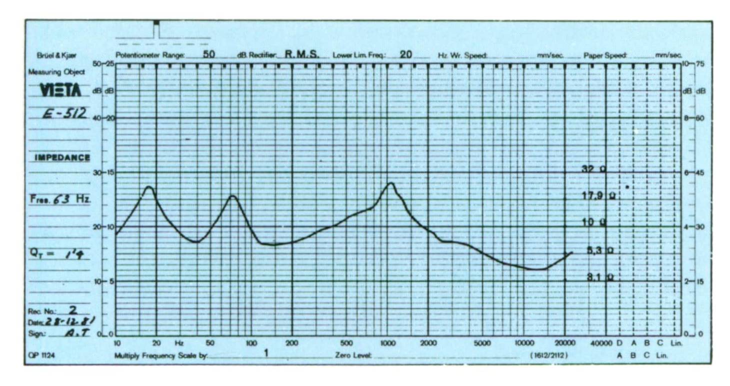
Amplificador de potencia Marantz de tipo digital con posibilidad de memorizar el nivel de volúmen y admitir gobierno por control remoto.

altavoces. Desgraciadamente el altavoz no es una resistencia, y una caja acústica, con su conjunto de altavoces interconectado a través de sus redes de filtraje, presenta una impedancia compleja. Para comprender lo que pasa estableceremos un ejemplo: en el caso de una resistencia pura, la fuerza o empuje que la tensión suministrada por el amplifica-

dor da a las cargas eléctricas obliga a éstas a dirigirse hacia adelante en el mismo sentido de la fuerza. Ahora imaginemos que las cargas eléctricas pueden moverse sobre un



Problemas de las cargas complejas. a) Las curvas de tensión y corriente están en fase y el amplificador controla perfectamente la potencia suministrada a la carga resistiva pura R; b) La intensidad circulante está desfasada respecto a la tensión, siendo ∅ este desfase que varía según la frecuencia. La amplitud I depende de la tensión V y del módulo de la impedancia compleja Z.



Variación del módulo de la impedancia en una caja acústica de calidad media-alta. Además de variar el módulo de la impedancia también varía con la frecuencia el ángulo de fase ∅.

plano, hacia adelante y hacia los lados. Si la carga es compleja, el empuje hacia adelante da como resultado un movimiento oblicuo hacia adelante y hacia un lado, que puede ser derecha o izquierda según el tipo de impedancia del altavoz. Para complicarlo más resulta que dicha impedancia tampoco es fija, depende de la frecuencia de la señal que pasa por los circuitos del altavoz.

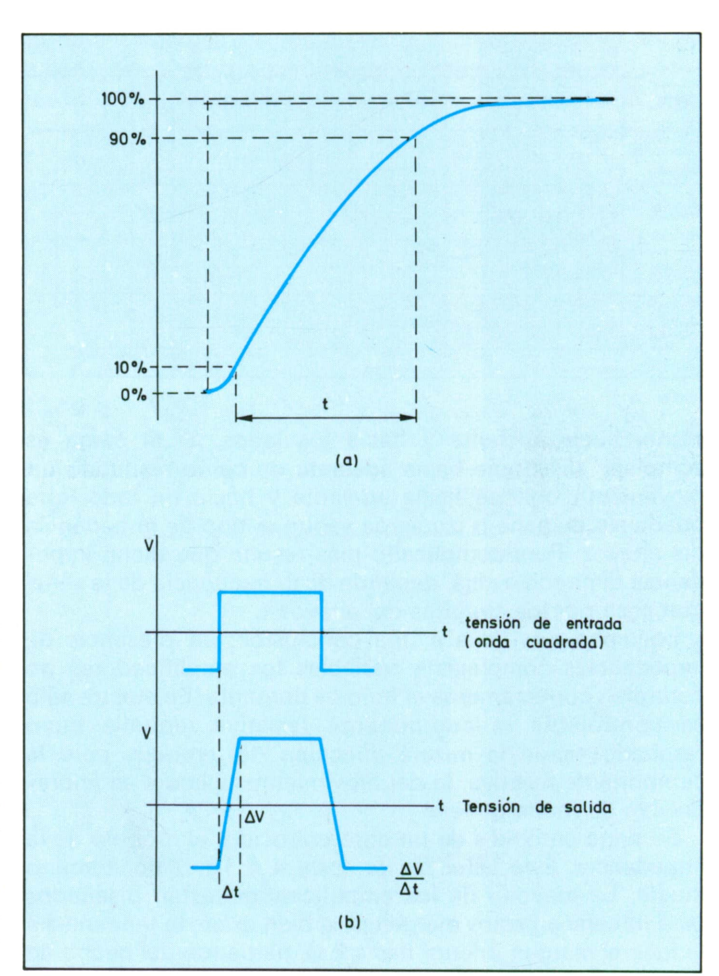
Lo dicho nos lleva a una conclusión: en presencia de impedancias complejas y variables los amplificadores no controlan correctamente el flujo de corriente. En efecto, sólo es controlable la componente resistiva, aquella cuyo resultado es de la misma dirección del empuje, pero la componente reactiva, la del movimiento oblicuo, es impredecible de forma general.

Se parte entonces de un dato conocido, el módulo de la impedancia. Este valor oscila entre 4 y 16 Ω por término medio. La mayoría de los amplificadores están diseñados para trabajar en estos márgenes, si bien existe la tendencia a reducir el margen inferior hasta 2 Ω; partiendo del hecho de que un amplificador se conecta a veces a dos cajas acústicas en paralelo, la impedancia resultante en el peor de los casos es 2 Ω, por lo que resulta lógica la tendencia comentada. Lo expuesto más arriba explica que durante los últimos años los diseñadores hayan trabajado intensamente en estos complejos problemas.

La velocidad de subida o «slew rate»

Hemos dicho que los amplificadores controlan la corriente

a) El tiempo de subida de una señal es el tiempo t necesario para pasar del 10 % al 90 % de su valor. En general se mide en microsegundos. El tiempo de bajada se mide de forma análoga y suele tener distinto valor por ser disimétricos los factores de influencia. Como se ve en b) la velocidad de subida o «slew rate» es el cociente tensión/tiempo y suele medirse en voltios por microsegundo.



de salida por medio de la tensión de salida, necesitando tensiones cada vez más altas cuanto más alta sea la potencia por requerir ésta más corriente. Ya que estamos tratando siempre con señales alternativas, esto significa que los elementos de amplificación, de los cuales hay varios en cascada, están sometidos a esfuerzos alternativos y rápidos cambios. En las etapas iniciales, con pequeñas tensiones y corrientes, no hay problemas; el tiempo de subida, tiempo

que tarda el dispositivo electrónico, transistor o circuito integrado, en pasar de un extremo de la tensión a otro, está dentro de las características del dispositivo. Pero en la etapa de salida, cuando el recorrido de tensión es mucho mayor y las corrientes circulantes son elevadas, los transistores de salida de potencia, grandes dispositivos mucho más lentos por su propia construcción, no se comportan tan airosamente y los esfuerzos que han de soportar los sitúan al borde del colapso. Estos rápidos cambios se miden con la velocidad de subida o «slew rate», que analiza la capacidad del amplificador para asimilar estas señales.



Otra posibilidad de combinar todos los módulos que forman la cadena. Equipos XG-7 de Pioneer.

Ante este problema se presentan dos soluciones de diseño: la primera, el «diseño lento»; en él las distintas etapas están diseñadas de manera que, por medio de filtraje, evitamos que cada etapa pueda suministrar a la siguiente

señales que sobrepasen frecuencias (o velocidades de subida) que no puedan ser manejadas correctamente. La segunda, el diseño de «alta tecnología», consiste en desarrollar dispositivos cada vez más rápidos y con capacidad para trabajar con tensiones cada vez más elevadas y corrientes más intensas. Aparecen así los transistores V-FET, EBT, RET, MOSFET de potencia, y otros semiconductores especiales de reciente diseño.

Parece lógico pensar que la segunda solución será la que finalmente prevalecerá; sin embargo, una combinación de ambas soluciones nos situaría en una atractiva zona de posibilidades de nuevos diseños.

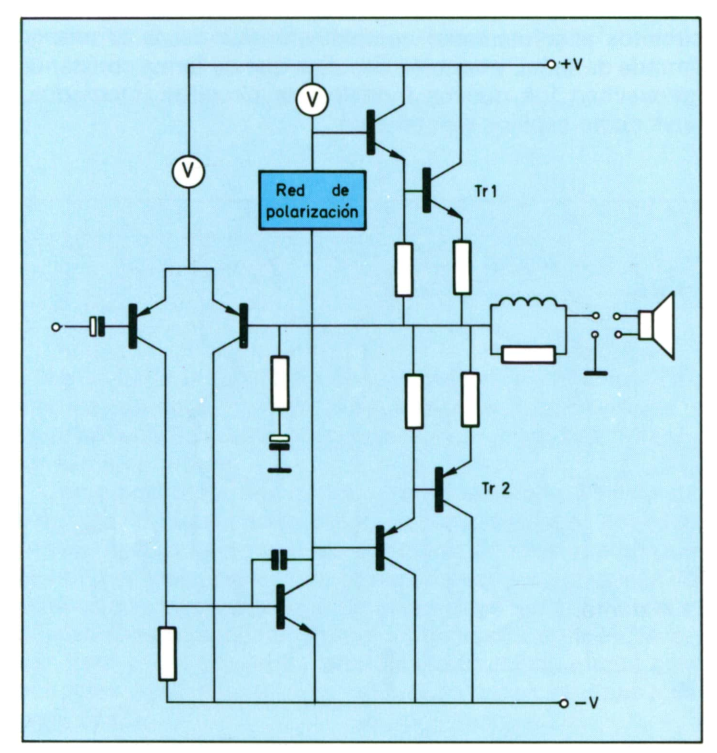
La etapa de salida

Es de todos conocido el hecho de que cualquier amplificador se calienta. Este calor debe ser debidamente evacuado y controlado, si no fuera así existiría peligro de avería por sobrecalentamiento. Esta energía absorbida por el amplificador y no transmitida a las cajas acústicas supone una disminución de rendimiento del amplificador. Esta es la razón por la que la etapa de salida en clase B, complementaria o casi complementaria, haya perdurado durante tanto tiempo. Inicialmente, cuando los amplificadores trabajaban con una sola tensión de alimentación, se disponía un condensador a la salida cuya misión era bloquear el paso de la corriente continua que circularía por el altavoz de forma constante, pues el punto de reposo del amplificador tenía la tensión mitad de la alimentación y el recorrido total llegaba desde cero voltios al máximo de la tensión.

Dividiendo esta única alimentación en dos partes iguales, positiva y negativa, podía eliminarse el condensador, pues se había trasladado el punto medio al nivel de cero voltios. Al eliminar el condensador se eliminaba el filtraje que dicho condensador, conjuntamente con la caja acústica, realizaba, filtraje notable sobre todo en las bajas frecuencias.

La búsqueda de la perfección es constante y muy recientemente han aparecido amplificadores en clase A. Estos amplificadores son de dos tipos básicos: amplificadores en clase A real, que se calientan enormemente, de potencia relativamente baja y que suelen poder cambiar su actuación a clase B con más potencia y mejor rendimiento, y amplificadores en «nueva clase A». Estos últimos, de diseño

realmente moderno, adoptan el siguiente método: en clase B, los transistores de salida que permanecen inactivos mientras sus complementarios están amplificando su parte de semionda están cortados, es decir, abiertos como un interruptor. El paso del corte a la conducción en los

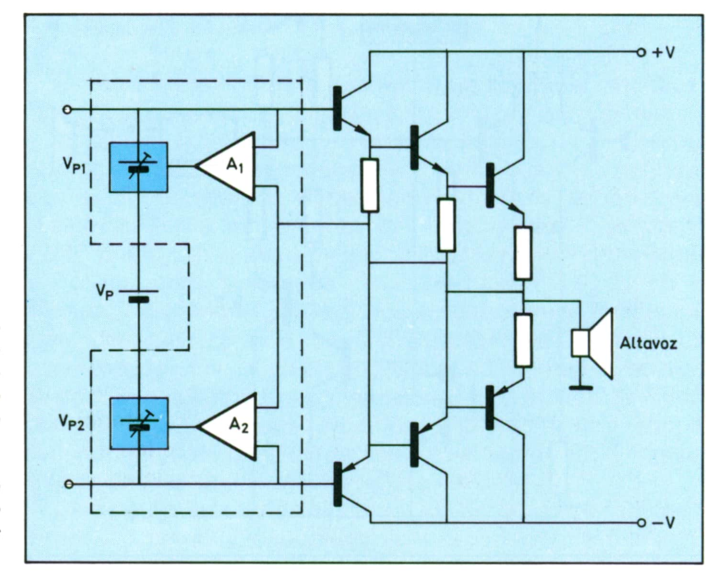


Esquema simplificado de una etapa de salida en clase B, complementaria, con alimentación partida y sin condensador de salida. Esta configuración con más o menos variaciones ha sido profusamente utilizada en amplificadores comerciales. Tr1 y Tr2 forman la pareja de transistores complementarios.

transistores origina fenómenos transitorios cuyo resultado son distorsiones y, en resumen, funcionamiento no satisfactorio; este efecto se trata de solucionar con el solapamiento de las semiondas en el punto de unión, pero el ajuste que se realiza varía con la temperatura. En la nueva clase A se suministra al transistor inactivo la polarización suficiente para no llegar al corte.

El uso de transistores V-FET y MOSFET ha introducido nuevas ideas constructivas para las etapas de salida, aunque

sea constante la existencia de una configuración complementaria. Mencionaremos entre los nuevos tipos de diseño los amplificadores en clase D, que utilizan una técnica de modulación de anchura de impulsos o *pulse with modulation* (PWM), para elevar el rendimiento del amplificador al 90 % por medio de técnicas no analógicas. La forma constructiva y distributiva de los circuitos ha hecho aparecer circuitos absolutamente complementarios desde la misma entrada de señal, y también circuitos que de forma constante aprovechan los nuevos modelos de circuitos integrados, tales como espejos de corriente.

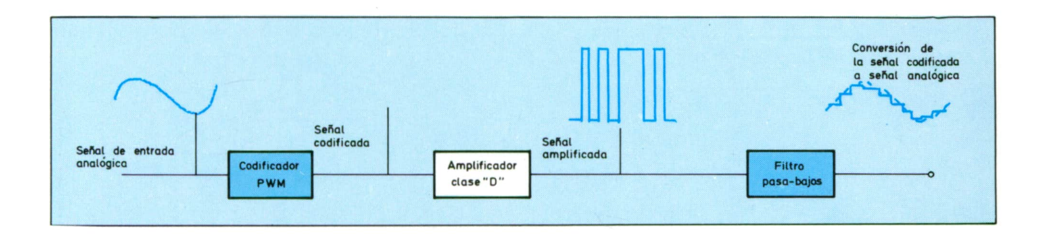


Esquema simplificado de la etapa de salida de un amplificador en nueva clase A. A la tensión de polarización normal Vp ayudan las tensiones Vp1 y Vp2, controladas por A1 y A2, y evitan que en cada caso lleguen al corte los transistores correspondientes.

La amplificación de corriente continua

La eliminación del condensador de salida fue un primer paso en el camino de eliminación de filtros en el amplificador. Sabido es que el filtro introduce cambios en la forma de la onda que lo atraviesa, aunque su punto de corte se encuentre alejado de las frecuencias de esta señal. En cuestiones de sonido estos cambios se traducen en distor-

siones que el oído puede llegar a distinguir. Una idea de diseño que se ha abierto paso con fuerza es la consistente en eliminar cualquier filtro que la señal pueda atravesar, y lo más fácil e inmediato es la eliminación de los condensadores que la señal atraviesa. Por razones prácticas hace mucho que no se usan inductancias o bobinas en los amplificadores, salvo raras excepciones, como los filtros choke a la salida para evitar el paso de altas frecuencias.



Esquema de bloques del amplificador clase D. La señal analógica es codificada en impulsos de anchura variable y frecuencia fija, que excitan la etapa amplificadora de alto rendimiento.

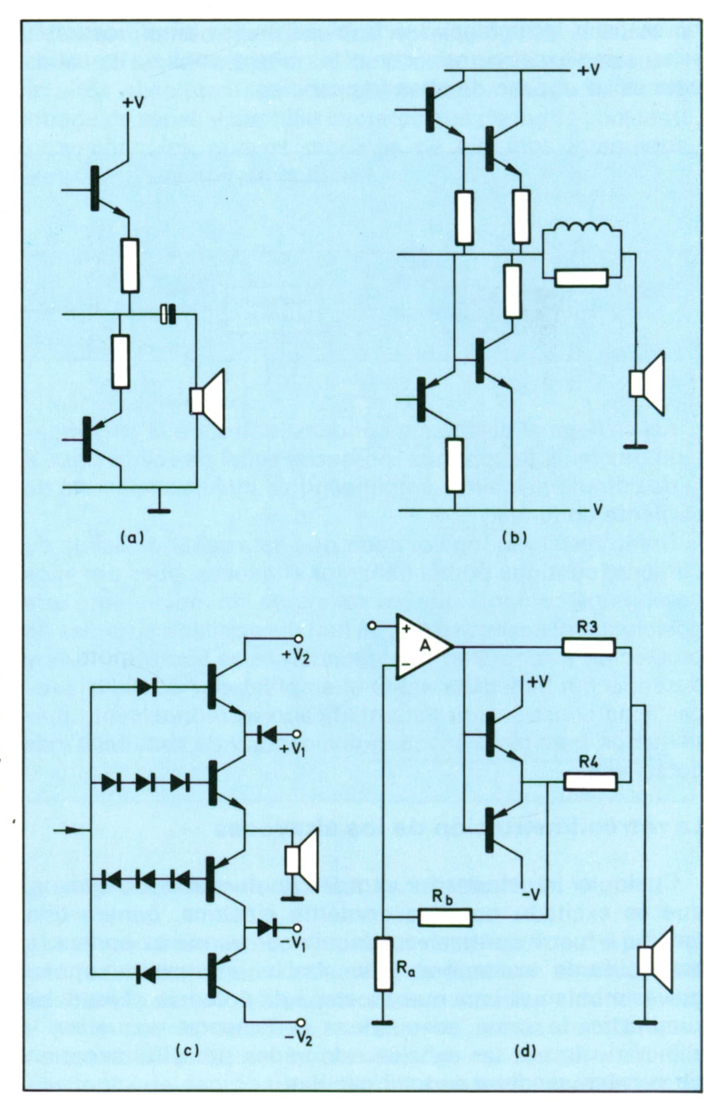
Así se llega al diseño sin condensadores y a la amplificación de corriente continua, porque la señal de salida sigue a la de entrada fielmente, amplificándola incluso si se trata de corriente continua.

Como resultado lógico, dado que esta señal de salida de corriente continua podría dañar los altavoces, pues por ellos pasaría una corriente que los calentaría sin movimiento que posibilitara disipar ese calor, se han desarrollado sistemas de protección y seguridad que detectan estas circunstancias y desconectan inmediatamente el amplificador de los altavoces. Esta construcción da amplificadores teóricamente más perfectos, pero también más sofisticados y de circuitería más complicada.

La retroalimentación de los altavoces

Cualquier transformador, motor o en nuestro caso altavoz, que es excitado por una corriente eléctrica, genera una tensión o fuerza contraelectromotriz que tiende a oponerse a esa corriente excitadora. Este simple enunciado supone graves problemas para nuestra etapa de potencia, pues debe suministrar la señal adecuada a la potencia requerida y eliminar a la vez las señales retornadas por el altavoz; en otras palabras, debe cortocircuitarlas.

La habilidad de las etapas de potencia para lograr tal cortocircuito es un signo de calidad, pues establece la capacidad del aparato para controlar perfectamente el altavoz. Una forma de lograr tal control consiste en



Cuatro etapas de salida simplificadas. a) Etapa clase B clásica mediante condensadores; b) Etapa casi-complementaria; permite usar dos transistores de igual potencia; c) Etapa clase C. Una aproximación a la mejora del rendimiento, permitiendo altos picos de potencia y reducido consumo en reposo o baja señal. d) Etapa «current dumping» o volcado de corriente. Corrige las no-linealidades de los transistores de salida reduciendo la distorsión de forma total.



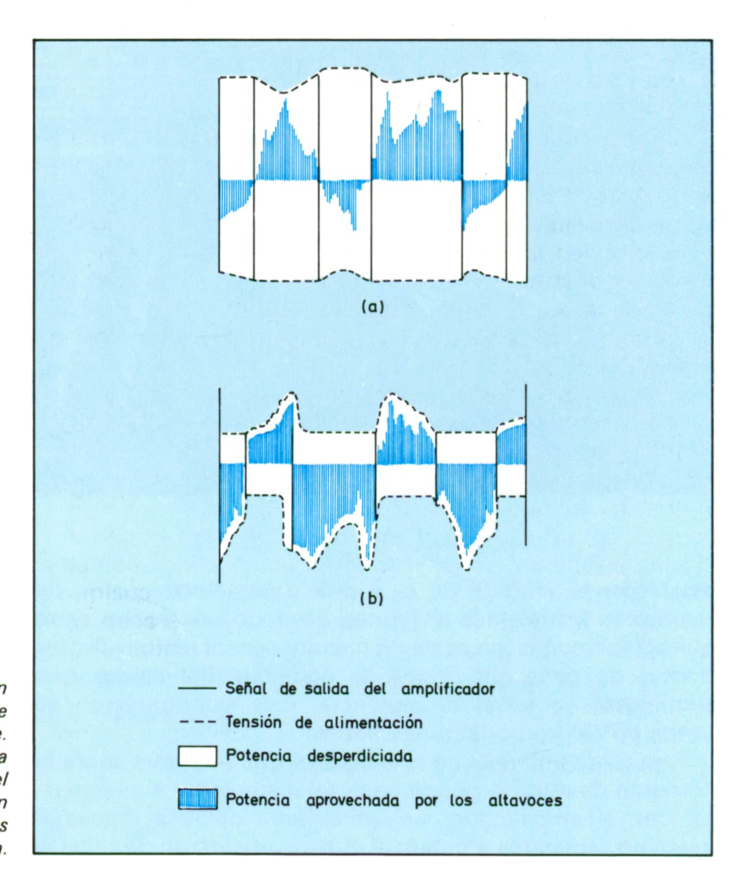
Cadena Vieta completa. El amplificador de Hi-Fi debe ser de gran calidad para no introducir distorsión en la reproducción de la señal audible a través de los bafles.

establecer la medida de la fuerza contraelectromotriz de retorno en los mismos altavoces, llevando dos cables extra que actúan como tomas de un circuito sensor en los mismos bornes de conexión donde se conectan los cables que suministran la señal de potencia. Esta configuración es usada con éxito por algunas firmas.

Para tener una idea de este control que se ejerce sobre la corriente de retorno puede hacerse el siguiente experimento: con el amplificador de un sistema de Alta Fidelidad apagado probemos a mover el altavoz grande de una de las cajas acústicas, y a continuación repitamos la operación con el amplificador en marcha. En este segundo caso notaremos claramente una fuerza extra que impide el movimiento: en efecto, el amplificador está creando una señal que tiende a oponerse al movimiento del cono del altavoz, que debe estar quieto en ausencia de señal.

Otros amplificadores no convencionales

Más allá de los amplificadores en clase A, B y nueva clase A, han aparecido nuevos tipos de amplificadores cuya etapa de salida tiene características de innovación a las que acompañan resultados auditivos de mayor o menor éxito.



Funcionamiento de un amplificador con fuente de alimentación variable. La potencia desperdiciada se reduce y, por tanto, el tamaño del aparato; en cambio la circuitería es más sofisticada.

Recordemos que el sonido es algo subjetivo por lo que, aparte de una valoración técnica indudable, el nivel de calidad musical actual se ha situado en niveles de difícil superación.

De entre una serie de diseños difíciles de enumerar destacaremos, como tecnología realmente nueva, varios modelos de amplificadores diseñados como fuentes de alimentación de salida variable. Los beneficios técnicos son claros, la distinción entre fuente de alimentación y etapa de potencia se diluye, y el aprovechamiento de la energía es mayor al basarse estos diseños en fuentes de alimentación conmutadas, con rendimientos del 90 %.

Medidores de potencia y de «clipping»

La mayoría de los amplificadores existentes poseen medidores de potencia a base de LEDS (diodos luminiscentes), agujas, displays fluorescentes u otros sistemas que se supone realizan tal función. De hecho se trata de dispositivos que miden la tensión de salida a los altavoces más o menos correctamente. Están calibrados en vatios de potencia, basados en la presunción de que la carga del altavoz son 8 Ω exactos, lo cual, como anteriormente se ha dicho, nunca sucede.

La medición correcta de la potencia exige también la medición de la corriente, y como tal medición resulta algo más complicada se soslaya, bastando la medida de tensión como referencia de lo que ocurre. De todas maneras esta información es útil, pues si tratamos de aumentar la tensión de salida del amplificador llegaremos al punto de recorte o *clipping*. El *clipping* o recorte de la señal es un fenómeno especialmente pernicioso y su detección es útil; cualquier sistema de medición que funcione con rapidez aceptable detecta el «clipping», y de hecho hay amplificadores que realizan esta detección con dos simples LEDS al margen del sistema de medición existente.

El clipping puede llegar a averiar un altavoz si de forma insistente y continua, el amplificador está recortando.

